 Ohm, M.,



gez. von C. Bohrer

Gestochen v. Paul Ritter.

Die

Dreieinigkeit der Kraft.

Ein Beitrag

zur näheren

Erkenntniß Gottes in seiner materiellen Schöpfung.

Für die

Gebildeten aller Stände,

besonders auch des schönen Geschlechts.

Von

Professor Dr. M. Ohm.

Nürnberg, 1856.

Verlag der Friedrich Korn'schen Buchhandlung.

Schnellpressendruck von C. H Kunstmann in Erlangen.

Vorrede.

Der größte Theil dieser Vorlesungen ist mehrere Male, jedesmal in einer sehr gemischten Versammlung und mit immer gesteigertem Beifall wirklich gehalten worden. Wenn sie nun für den Druck etwas mehr ausgearbeitet worden sind, so hofft der Verfasser doch, daß sie dadurch eher gewonnen als verloren haben werden, und er schmeichelt sich daher, daß sie nun auch einem Theile des lesenden Publikums einigermaßen Unterhaltung, Belehrung und vielleicht Anregung und Erhebung gewähren dürften.

Bei dem ersten flüchtigeren Durchlesen muß, wenn auch vielleicht der Zusammenhang weniger beachtet wird, die große Menge der interessantesten, wie der allerneuesten Thatsachen und Ergebnisse der gründlichsten wissenschaftlichen Forschungen, mindestens Unterhaltung und auch mehrseitige Belehrung gewähren. — Wer sich nun dadurch zu einer zweiten Lesung veranlaßt fühlt und diese mit größerer Aufmerksamkeit ausführt, der wird dann den leitenden Faden, der das Ganze durchzieht und die Thatsachen mit einander verbindet, schon deutlicher und entschiedener wahrnehmen und schon eine Ahnung davon bekommen, daß und wie diese Thatsachen unter sich in einem innigen und nothwendigen Zusammenhange stehen. — Sollten endlich einige Leser oder geneigte Leserinnen sich zur dritten Lesung gezwungen fühlen, so zweifelt der Verfasser nicht, daß dieselben neben der gewonnenen Anregung, welche ein tieferes Eindringen in die Einheit des Ganzen gewährt, auch sich erbaut, sich zu Gott erhoben fühlen und darin einen Genuß finden werden, den wenige andere an Größe und Dauer übertreffen dürften.

Vorkenntnisse werden gar nicht vorausgesetzt.

Wenn ich übrigens an einer Stelle des Buches die Möglichkeit habe zugeben müssen, daß die Pflanze, das Thier und auch der Mensch einer besonderen Schöpfung nicht bedurften; — wenn ich durchblicken ließ, daß die der Materie inne

wohnenden Kräfte nicht materiellen, sondern göttlichen Ursprungs sind; — wenn ich daraus einige Folgerungen zog; — so wird jeder Denkende unter meinen Lesern mir doch zugeben müssen, daß ich weit davon entfernt bin, jenem groben Materialismus zu huldigen, wie er hie und da auftaucht, nach welchem die Natur ein todter Leichnam sein würde, dem jeder Hauch eines lebendigen Gottes ermangelte. — Es kann uns ziemlich gleichgültig sein, wie der Mensch in's Dasein gerufen worden ist; — ob durch einen eigenen, neuen Schöpfungsakt Gottes, oder ob derselbe Allmächtige den Keim dazu, bereits uranfänglich in seine Schöpfung gelegt hat, der nach und nach mit allem Uebrigen auf der Erde, sich weiter fort entwickelte, bis endlich die Erde so weit ausgebildet war, daß die Bedingungen seines leiblichen Gedeihens und die Möglichkeit der Entwickelung seines geistigen Lebens, vorhanden war. In beiden Fällen hat ihn Gott, der Allmächtige, geschaffen; in beiden Fällen finden wir ihn, wie er historisch uns vorliegt, mit allen seinen geistigen Kräften, mit allen seinen Beziehungen zur Gottheit, namentlich mit seinem freien Willen, mit seiner Vernunft und mit seinem Glauben. Einige alte, durchaus nicht mehr haltbare, jüdische Traditionen noch festzuhalten, bin ich dagegen allerdings nicht Willens; und kann es nicht sein. Die mosaische Schöpfungsgeschichte namentlich, bedarf einer sehr freien Auslegung,

wenn man sie nicht gänzlich verwerfen will, welches letztere einem ächt christlichen Glauben keinen Eintrag thun würde.

Schlüßlich muß ich noch bemerken, daß seit dem Absenden des Manuscripts in die Druckerei, von den kleinen Planeten, die man Asteroiden nennt, abermals vier neue entdeckt worden sind, so daß unser Planetensystem heute aus 39 dieser kleinen und 8 bedeutend größeren Planeten besteht.

Berlin, Anfang März 1856.

Der Verfasser.

Inhalt.

Einleitende Vorlesung.

Wer hätte nicht schon in klaren Nächten die Pracht des gestirnten Himmels bewundert und die Größe, die Allmacht Gottes, des Schöpfers aller dieser Welten, tief gefühlt. Unser bewunderndes Erstaunen mehrt sich, wenn wir unser schwaches Auge bewaffnen und nun das, was dem unbewaffneten Auge als ein bloßer Nebelfleck erschienen war, jetzt wieder in ungezählte, weil unzählbare Mengen von neuen Sternen, d. h. eben solcher Welten, aufgelöst erblicken. Und wo hören diese Welten auf? — Wie viele würden wir noch erblicken, wenn wir unserem irdischen Auge noch mehr zu Hilfe kommen könnten? — Wie viele würden wir aber dann noch hinter diesen wieder vermuthen können? — denn wir können uns den Raum nur als ein Unbegrenztes, als ein Unendliches denken, und erblicken in der Allmacht Gottes auch die Möglichkeit, daß dieser Raum in seiner Unermeßlichkeit überall eine Bevölkerung derselben Art enthalte, wie wir sie in unserer nächsten Nähe wahrnehmen, — eine Bevölkerung von ähnlichen lichtstrahlenden und Licht empfangenden Welten, deren Licht aber, wegen der zu großen Entfernung, nicht mehr in unser Auge gelangt. — Welcher Mensch könnte daran denken und zugleich ein Gottesläugner sein? —

Was wissen wir aber bis heute von allen diesen Welten zu erzählen? — So gut wie nichts, wenn wir die zahllose

Menge derselben in's Auge fassen; denn wir wissen nur, daß sie fast alle, viele, viele Billionen (d. h. Millionen mal Millionen) Meilen von uns abstehen und Licht gebend sind, wie unsere Sonne, die wir nur deshalb um so viel größer erblicken, weil sie uns um so sehr viel näher steht; denn sie steht, im Mittel, nur 21 Millionen Meilen von uns ab. — Wenn wir aber auch wissen, daß jene Sonnen, welche den Eindruck der Pracht des Sternenhimmels in uns hervorbringen, sämmtlich jedenfalls mehr als vier Billionen Meilen von uns abstehen, so wissen wir doch von keiner derselben, wie weit sie von uns liegt. Von allen diesen Sonnen wissen wir also so gut wie nichts; höchstens daß mehrere Paare derselben sich um einander herum drehen, dabei aber doch für unser Auge so nahe an einander bleiben, daß beide Sterne dem unbewaffneten Auge nur als ein einziger erscheinen, während das bewaffnete Auge ihre Bewegung um einander verfolgen kann. Solcher Doppelsterne hat man bereits eine größere Anzahl verzeichnet.

Von der einzigen dieser lichtstrahlenden Welten, welche wir mit einigem Rechte unsere Sonne nennen, wissen wir etwas mehr, ja, nach den engbegrenzten menschlichen Begriffen, sogar viel. Wir kennen bis heute 43, nämlich 8 größere und 35 verhältnißmäßig sehr kleine*) nicht lichtstrahlende, sondern nur Licht empfangende Weltkörper (Planeten, Irrsterne), welche sich in bald kürzeren, bald längeren Zeiträumen rings um die Sonne herumbewegen, nach völlig bekannten, bestimmten Gesetzen, so daß wir ihre Wiederkehr an einen bestimmten Ort, den sie früher einmal eingenommen hatten, mit der größten Genauigkeit im Voraus anzugeben vermögen; wir wissen, daß mehrere dieser Planeten bei ihrem Umkreisen um die Sonne, von einem oder von mehreren Trabanten (Monden) stets begleitet sind, und

*) Am Ende des vorigen (18ten) Jahrhunderts war von den letztern 35 Planeten noch kein einziger bekannt, von den erstern aber nur 7.

daß sich die letzteren dabei um ihren Planeten gerade nach denselben Gesetzen herum bewegen, nach denen die Bewegung der einzelnen Planeten um die Sonne stattfindet. — Wir wissen, daß unsere Erde einer dieser Planeten ist, und zwar nicht der größeste, und einer von denen, welche Trabanten haben, daß aber die Erde nur einen einzigen solchen Trabanten hat, nämlich unseren Mond. Wir wissen endlich, daß alle diese Planeten und Trabanten, und auch die Sonne, sich noch gleichzeitig um sich selber drehen, um ihren Mittelpunkt, und um eine gerade Linie, welche durch ihren Mittelpunkt geht und welche ihre Axe genannt wird; wir wissen, daß die Umdrehung dieser Weltkörper um ihre Axe, bei den verschiedenen Körpern in einer verschiedenen Zeit,* bei jedem einzelnen aber wahrscheinlich eben so, wie dies von unserer Erde nachgewiesen ist, in einer und derselben Zeit stattfindet, mit völlig gleich bleibender Geschwindigkeit, — während bei dem Umkreisen der Planeten um die Sonne, die Bewegung in der einen Hälfte der Bahn mit stets, wenn auch nur sehr wenig wachsender Geschwindigkeit, die andere Hälfte der Bahn aber mit eben so stetig abnehmender Geschwindigkeit durchlaufen wird; endlich daß der Planet, wenn er mit seiner größten Geschwindigkeit kreiset, der Sonne am nächsten steht, von ihr aber am weitesten absteht in dem Augenblick, wo er seine kleinste Geschwindigkeit hat. Die Bahn selbst ist ein, bei dem einen etwas mehr, bei dem andern etwas weniger, aber immer nur etwas in die Länge gezogener Kreis (d. h. eine Ellipse) und die Sonne steht nicht in ihrem Mittelpunkte, sondern etwas zur Seite in der Längenrichtung der Ellipse. Wir wissen dieses und noch einiges Andere mit einer solchen Bestimmtheit und Genauigkeit, daß der Unkundige der Mittel und Wege, welche zu diesen Kenntnissen führen, sie für phantasiereiche Hirngespinnste halten würde, wenn eben nicht die sichtbaren Himmels-Erscheinungen stets bis auf die Minute, ja bis auf die Sekunde, vorausberechnet würden.

Die Umdrehung der Erde um ihre Axe dreht jeden Erdbewohner nach und nach in die Sonnenstrahlen hinein und nach und nach wieder heraus, wodurch für die einzelnen Orte der Erde Tag und Nacht entsteht; dieselbe Umdrehung um die Axe, weil sie stets in derselben Zeit geschieht, giebt uns aber auch ein bestimmtes Zeitmaaß, den Tag, den wir in 24 Stunden, in Minuten und Sekunden theilen, so daß auch die Stunde, die Minute, die Sekunde, ein bestimmtes Zeitmaaß wird, für alle Erdbewohner ein und dasselbe.

Wie sind wir aber zu diesem Wissen gelangt? — Durch die Fähigkeit, welche die Gottheit dem Menschen verliehen hat, zu beobachten, das Beobachtete festzuhalten, mehrere Beobachtungen mit einander zu vergleichen, daraus Schlüsse zu ziehen, zugleich mit dem Bewußtsein der Nothwendigkeit derselben. Diese geistigen Kräfte, die wir in uns vorfinden, mit denen wir es versuchen, die Schöpfung, in uns und außer uns, näher in's Auge zu fassen und dadurch uns unserem Schöpfer, und zwar nicht bloß in der eben gedachten Richtung allein, näher anzuschließen, — diese geistigen Kräfte sind es, welche in uns neue Bewunderung, neues Erstaunen erzwingen, sobald wir dieselben mit unserem geistigen Auge wahrnehmen.

Betrachten wir aber unsere irdische Heimath, diesen kleineren unter den zu unserer Sonne gehörigen Planeten, diesen Tropfen in dem unendlichen Meere der Welten, — so tritt uns auch hier zunächst die Schönheit, die Pracht, die Erhabenheit und die Herrlichkeit derselben vielfach entgegen, in dem Auf- und Untergang der Sonne nicht allein, dessen Pracht vorzüglich durch den Dunstkreis, der die Erde umgiebt, hervorgebracht wird, sondern in's Besondere auch auf höheren, von fruchtbaren und bevölkerten, wasserdurchschnittenen Flächen, oder mit wildgezackten, in den Himmel hineinragenden Felsenmassen umgebenen Orten, — in der stillen Wildniß eines Urwaldes oder auf dem wogenden, dem Auge nirgends Grenzen setzenden Meere, — oft

in der Stille der Nacht, öfter noch im lieblichen Lichte der Sonne, — zuweilen im tobenden Gewitter, ja selbst im brausenden Sturme. — Ueberall, wo das Ungewöhnliche uns aus dem nicht beachtenden Alltagsleben herauszieht, wird und muß man der Größe und der Allmacht Gottes auf's Neue und, wenn möglich, in immer noch höherem Grade sich bewußt werden.

Der Mensch hat es aber in der Gewalt, auch in seiner gewohnten Umgebung täglich, stündlich, augenblicklich dasselbe freudige Gefühl, denselben dankbaren Gedanken an Gott in sich hervorzurufen; er darf nur die kleinste Blume, den kleinsten Käfer näher betrachten. Welche Mannigfaltigkeit und Schönheit der Gliederung, der Zeichnung und der Farben! Und wie erstaunen wir erst, wenn auch hier die Bewaffnung des Auges zu Hilfe genommen wird, die Lupe oder das Microscop. — An dem kleinsten Theil eines kleinen Insekts erblicken wir noch Gliederungen, so vollkommen ausgebildet, so geordnet, so überraschend in ihrer Regelmäßigkeit und Schönheit, daß wir, eben so freudig überrascht uns unserem Schöpfer näher gebracht fühlen, wie bei der Betrachtung des unermeßlich Großen in der Schöpfung. Namentlich hat uns Ehrenberg durch das Microscop gleichsam in eine ganz neue Welt eingeführt, indem er uns zeigte, daß der Boden unter unseren Füßen, der Meeresgrund in einer ungeheuren Tiefe nicht ausgenommen, erfüllt ist mit Billionen und Billionen der kleinsten Thiere, die wir mit bloßen Augen nicht zu erkennen vermögen, — ja daß an vielen Stellen die Erde, der Schlamm, zum größten Theil nur aus solchen lebenden Thierchen besteht; — indem er nachwies, daß große, Hunderte von Quadratmeilen einnehmende Gebirge, namentlich die Kreide, ihrem bei weitem größten Theile nach, aus (Kalk-) Schaalen solcher kleinsten Thierchen gebildet sind, die ehemals gelebt haben. In einem einzigen Kubikzoll des Biliner Polirschiefers lebten ehemals allein schon mehr als 40,000,000,000 solcher Thierchen, deren Schaalen (von Kieselerde) jetzt den harten

Polirschiefer bilden. Man kann sich nicht sagen, welcher Gedanke geeigneter ist den Menschen mit Staunen, mit Ehrfurcht, mit Demuth zu erfüllen, ob der Gedanke an die unendlich vielen großen und größten Weltkörper, die den ganzen unendlichen Raum bevölkern, oder ob der Blick auf dieses massenhafte Leben im Kleinsten, auf unserem kleinen Planeten.

Und alles dieses richtet sich nach ewigen, unabänderlichen Gesetzen, von denen der Mensch bis jetzt nur einige wenige erforscht hat, aber deren genug, um aus ihnen die Nothwendigkeit des Daseins der übrigen mehr als ahnen, fast erschließen zu können. — Wenn sich Gott unserem gläubigen Herzen durch die Religion und vorzüglich in seiner unendlichen Liebe offenbart, — unseren Sinnen in der Anschauung der Natur und der Kunst, — unserer Vernunft in der wahren Philosophie, — so offenbart er sich in der Mathematik und in den Naturwissenschaften unserem Verstande vorzugsweise in seiner Gesetzmäßigkeit, d. h. in seiner Gerechtigkeit.

Sollen und dürfen wir daher diese letzteren Offenbarungen zurückweisen? — bilden sie nicht einen, dem wahren Menschen nothwendigen Theil des gesammten Strebens nach einer näheren Erkenntniß Gottes? — Laufen wir nicht Gefahr, wenn wir eine Seite dieser Offenbarungen vernachlässigen, oder eine andere Seite in unserem Stolz und Uebermuth zu hoch anschlagen, statt des nothwendigen und beseeligenden Glaubens, mehr Aberglauben oder Unglauben zu hegen und zu pflegen, — statt der Wahrheit, nach der wir dürsten, mehr Schein und Trug festzuhalten? — Man sehe sich um in der Geschichte der Menschheit, aber man wundere sich nicht, daß die größere Masse der Menschen, ja ganze und große Völker, stets der Spielball einer geringeren Anzahl herrschsüchtiger Ehrgeiziger oder genußsüchtiger Gaukler gewesen und zum größten Theil es noch sind. Die Unwissenden werden stets in der Gewalt der geistig Begabteren sein, und letztere sind meist zu geneigt, ihre Gewalt, welcher

sie sich bewußt sind, zu dem zu mißbrauchen, was sie als ihren Vortheil ansehen.

In den letzten 100 Jahren, ja vorzüglich im Laufe des gegenwärtigen Jahrhunderts, haben fast sämmtliche Naturwissenschaften Riesen-Fortschritte gemacht; die in dieser Zeit gewonnenen Natur-Kenntnisse übertreffen alles vorher Bekannte bei Weitem. Die Mathematik, diese nothwendige und unentbehrliche Gehilfin der exakten Naturwissenschaften, ist diesen neuesten Bestrebungen um mehr als ein halbes Jahrhundert vorausgeeilt; ihr sich bewußtes Dasein datirt vorzugsweise von Cartesius, Newton und Leibnitz an; alles vorher geleistete ist nothwendig, — schätzenswerth, — aber verhältnißmäßig gering. Erst durch Newton wurde eine Mechanik des Himmels möglich, wie sie Laplace in dem letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts zuerst in einer, dem Kenner höchst erfreuenden Vollständigkeit und überzeugenden Gründlichkeit gegeben hat, wie solche seine Nachfolger noch weiter ausgebaut und vervollständigt haben.

Dieses rege Leben in den theoretischen Naturwissenschaften, und die dadurch gewonnenen so mannigfaltigen Resultate, sind aber auch gleichzeitig auf die überraschendste Weise in das bürgerliche Leben übergegangen. Welchen früher nicht geahnten Aufschwung haben nicht alle diejenigen Gewerbszweige genommen, welche zu ihrer Ausübung chemischer Kenntnisse bedürfen. Ich erinnere nur an die Brennereien, Zuckerfabriken, Färbereien, (Kattun-) Druckereien aller Art, Farbenfabriken, Tapetenfabriken u. s. w. — Die zweckmäßige Benützung der Eigenschaften des Dampfes liefert dabei nicht nur die überall nothwendige Kraft, sondern hat auch den Menschen die räumlichen Entfernungen von einander, um das vier- bis sechsfache vermindert und dabei die in so eng gesetzten Grenzen vorhandene Zeit derselben, gleichsam um das eben so vielfache vermehrt. — Auf hunderte von Meilen theilen wir jetzt einander eine kurze Nachricht mit, in einem kleinsten Theil einer Sekunde. — So klein und verschwindend der Mensch

sich erscheinen muß, seinem Schöpfer gegenüber, wenn er sich die Erde als einen Tropfen in dem Meere der Welten und sich selbst als einen kleinsten Punkt auf diesem Tropfen erkennt, — so groß muß er sich doch wieder fühlen in der Ueberwindung der Hemmnisse, welche Zeit, Raum und der irdische Stoff seinen Bestrebungen in den Weg legen; — in diesem Kampfe tritt er immer mehr und mehr und entschiedener als Sieger auf, wenn er sich auch hier noch oft genug als ein schmählich Besiegter erblicken muß.

Natur-Kenntnisse sind daher jetzt jedem Menschen, der auf wahre Bildung Anspruch macht, — auf eine Bildung, welche nicht allein erfreut, sondern auch erwärmt und erhebt und dadurch uns unserem Schöpfer näher bringt, — eben so nothwendig, als eine Kenntniß der Meisterwerke der Dichter, und der Künstler überhaupt, — vielleicht nöthiger noch als geographische Kenntnisse es sein dürften oder die Kenntniß der Geschichte der Menschheit, die Viele studiren, deren hohe und wichtige Lehren aber selten benützt werden, thatsächlich am wenigsten von Vielen, welche Geschichte zu machen berufen sind.

Wir müssen uns aber häufig und meist nur mit den Resultaten mühsamer, zeitraubender und gründlichere, oft sehr in's Einzelne gehende Kenntnisse erfordernder Untersuchungen der hervorragenden Gelehrten vom Fache, begnügen. Wenn wir jedoch diese Resultate in einer, die Uebersicht erleichternden, von den einfachsten zu den zusammengesetzteren fortschreitenden Ordnung erhalten können, wenn wir den Uebergang von dem einen zu dem nächsten so vermittelt erblicken, daß uns die Nothwendigkeit des Folgenden einleuchtend wird, — wenn der Vortragende den Hörer oder Leser zu zwingen versteht, selbstschließend einzugreifen und dadurch oft oder öfter zu den folgenden Thatsachen voran zu schreiten, — so sind wir in den Stand gesetzt, eine Reihe von gewonnenen Naturkenntnissen nicht bloß in uns aufzunehmen, sondern auch in uns geistig zu verarbei-

ten und gerade dadurch erst auch den geistigen Nahrungssaft für uns zu gewinnen.

Ich will es nun hier versuchen, in einer nicht zu langen Reihe von Vorträgen, die, jedem Menschen wichtigsten Gegenstände aus dem Gebiete der gesammten Naturlehre (mit Ausnahme der beschreibenden) zu behandeln, zugleich aber auch die hohe Gesetzmäßigkeit anschaulich zu machen, welche allen Erscheinungen zu Grunde liegt und aus welcher man sie fast immer voraussagen kann; endlich will ich auch die Wirkungen und den Einfluß dieser Gesetze auf die allmählige Umgestaltung unseres Erdkörpers nachweisen, welche von der Erschaffung desselben an gerechnet, ungemein mannigfaltig, stürmisch und neu bildend gewesen ist, bis zu dem, Billionen, ja Trillionen von Jahren späteren Zeitpunkt, an welchem die Erde erst geeignet war, Pflanzen hervorzubringen und zu erhalten, nach welchem Zeitpunkt erst Thiere und vielleicht lange nachher erst luftathmende Thiere entstehen und sich erhalten konnten, obgleich erstere wie letztere durch neue Erdrevolutionen, selbst auf großen und hunderte von Meilen ausgedehnten Strecken, oft ihrer ganzen Art nach, wieder vernichtet worden sind. — Zuletzt erst trat der Mensch auf, als die Erde so weit sich gebildet hatte, daß die Bedingungen seines stofflichen Seins vorhanden waren. Auch er hat noch durch die fortdauernde Umgestaltung des Erdkörpers viel gelitten, ja er leidet heute noch daran, wenn auch in viel minderem Grade, und zwar deshalb, weil nach denselben schaffenden und erhaltenden Naturgesetzen, die späteren und in's besondere die heute noch und gewiß ewig dauernden Umgestaltungen des Erdkörpers, weder so stürmisch gewesen sind noch sein können, als es die ersteren und so lange andauernden, nothwendig gewesen sein mußten.

Ich halte mich dabei verpflichtet, Ihnen ausdrücklich zu sagen, daß ich selbst diese Theile der Naturwissenschaften nur als Dilettant betrieben habe und treibe; ich habe mich aber bemüht

und bemühe mich noch fortwährend, nicht nur in den Geist des Ganzen gehörig einzudringen (und dazu befähigt mich vorzugsweise das Fach, welches ich eigentlich als sogenannter Gelehrter zu meinem Hauptfache gewählt habe), sondern auch stets mit den neuesten (und nicht bloß in der Phantasie irgend eines sogenannten Philosophen vorhandenen) Ergebnissen dieser Zweige der Wissenschaft mich bekannt zu machen. Vielleicht, daß es mir gerade deshalb, weil ich in diesen Dingen kein Mann vom Fach bin, leichter gelingt, Solchen, bei denen ich keine Vorkenntnisse voraussetze, stets faßlich, leicht verständlich und übersichtlich zu bleiben, vorausgesetzt, daß Sie es nicht verschmähen, mir dazu ihrerseits, so viel es Ihnen möglich ist, zu Hilfe zu kommen. Es ist nicht bloß nöthig Gaben zu reichen; es muß auch der Wille vorhanden sein, solche anzunehmen.

Daß ich in diesem Kreise auch Frauen und Jungfrauen erblicke, welchen wahre Bildung am Herzen liegt, gewährt mir besondere Freude und soll mir ein Sporn mehr sein, nichts zu geben, was nicht guter und ernster Wille von Ihrer Seite auch aufnehmen könnte. Keine Rücksicht soll mich aber bewegen, meine Vorträge in jenes seichte, nach Effekt haschende Geschwätze ausarten zu lassen, welches vielleicht eine Stunde lang nothdürftig unterhält, dessen Wirkung aber nachher spurlos verschwindet und welches man so häufig unter dem Namen von populären Vorträgen aufgetischt erhält. Ein würdiger Gegenstand mag auch würdig behandelt werden. Die Frauen gerade sind die ersten Bildnerinnen der heranwachsenden Jugend; und so sehr ich allen Respekt habe vor einer sogenannten gelehrten Frau und sie gewiß nie zu meiner Hausfrau wählen würde, eben so sehr halte ich es für eine Pflicht der Frauen, sich Kenntnisse anzueignen, die sie nicht gelehrt machen (denn dazu gehört viel, und sehr viel), die sie aber befähigen, ihren wahren Beruf, nach allen Seiten hin besser und segensreicher zu erfüllen und dadurch auch eine immer noch würdigere Stellung

zu dem Manne und zu dem Leben einzunehmen, namentlich aber auf die folgenden Geschlechter in ihrer ersten Kindheit bildend und bessernd einzuwirken, wozu der Mann bei weitem nicht in demselben Maaße weder die Gelegenheit noch die Fähigkeit hat.

Durch solche Vorträge, wie ich sie in diesem Kreise, — der Niemanden ausschließt, welcher lernbegierig ist, wieviel oder wie wenig er auch bis jetzt wirklich zu lernen die Gelegenheit gehabt haben mag, — beabsichtige, werden zuweilen auch begabtere Menschen, die sich in jeder Schicht der menschlichen Gesellschaft vorfinden, angeregt und dadurch ihrem wahren Berufe erst zugeführt; wie es von einem der größten jetzt lebenden Physiker Englands bekannt ist, daß er als Buchbinder-Gehilfe durch Vorträge, welche er in einer philosophical institution (für Zuhörer aller Klassen, besonders aber für Gewerbtreibende bestimmt) zu einem so erfolgreichen Studium des genannten Theils der Naturwissenschaften hingerissen wurde. Andere denkende Zuhörer benützen wenigstens die gegebenen Gesetze und Resultate, theils um sie für die Zwecke ihres Berufes hie und da mit Nutzen zu verwenden, theils auch um sich durch deren Berücksichtigung vor Schaden und Nachtheil zu bewahren.

Wenn man also solche Vorträge auch nur von der praktischen Seite des Lebens aus ansehen wollte, so müßte man doch finden, daß sie auf eine Mehrzahl der Zuhörer fördernd und Nutzen bringend einwirken können und müssen, sobald der Vortragende nur einigermaßen dazu befähigt ist, seine Zuhörer anzuregen statt sie ohne Unterbrechung zu langweilen. „Etwas weniges Langeweile gehört zu einer feinen Gesellschaft," sagte mir einmal ein liebenswürdiger Wirth, als er mich in einer seiner größeren Gesellschaften, vielleicht mit einem etwas gelangweilten Antlitz in einem abgelegenen Zimmer allein fand, „es muß nur nicht zu viel werden."

Mit der Hoffnung, daß der langen Weile nicht zu viel werden möge, schließe ich die heutige Vorlesung.

Erste Vorlesung.

Vom Stoffe oder von der Materie überhaupt. — Die vom Stoffe unzertrennliche Anziehungskraft.

Alles, was wir mittelst unserer fünf Sinne wahrnehmen, also alles, was wir sehen, hören, riechen, schmecken oder fühlen, heißt Stoff oder Materie.

Nach der verschiedenen Wärme, mit welcher dieser Stoff versehen oder nicht versehen ist, erscheint uns derselbe bald als ein fester Körper (der für sich eine bestimmte Gestalt hat) wie z. B. das Eis, — bald als ein tropfbar flüssiger Körper (der, wenn die Einwirkung anderer Kräfte nicht vorhanden ist, für sich stets eine Kugelgestalt annimmt, die Gestalt des Tropfens), wie z. B. das Wasser, — bald aber wieder im dampf-, gas- oder luftförmigen Zustand, wie z. B. der Wasserdampf. Im letzteren Zustand hat der Stoff das Bestreben sich nach allen Richtungen hin so lange auszubreiten, als ihm nicht hemmende Schranken entgegentreten. Auch dieser Zustand des Stoffes heißt, dem festen Körper gegenüber, ein flüssiger, zum Unterschied aber von dem vorher erwähnten, ein expansiv-flüssiger, d. h. einer, der sich (nach allen Richtungen hin) auszubreiten bestrebt.

Auch die Metalle, Erden, Salze und Steine können durch hinreichende Hitze aus dem festen Zustand in den tropfbar flüssigen gebracht (geschmolzen) werden; und durch noch größere Hitze bringt man auch diese geschmolzene Masse zum kochen,

d. h. zum verdampfen oder (wie man auch sagt) verflüchtigen. Das bei dem sogenannten Kochen bemerkbare Aufwallen ist nämlich hervorgebracht durch die, tiefer unten beginnende Verdampfung; die einzelnen Dampfblasen machen sich, vermöge ihres großen Strebens sich auszudehnen, mit Gewalt Platz und steigen in die Höhe, die tropfbare Flüssigkeit mehr oder minder vor sich hinstoßend.

Sehr häufig wird im Leben bloß das Wort „flüssig" gebraucht, wo es „tropfbar flüssig" heißen sollte. Auch ich werde mir zuweilen diese Freiheit erlauben, wo kein weiterer Irrthum möglich ist.

Der Wärmegrad, bei welchem der eine (Aggregat-)Zustand irgend eines Stoffes in den andern übergeht, ist dabei ungemein verschieden. Während z. B. Quecksilber bei 40°, 36°, 33° Reaumür Kälte, ein festes Metall ist, welches eben so wie Silber gehämmert und gestreckt werden kann, — schmilzt es bei derjenigen Erwärmung, welche ausreicht, um nur noch 32° R. Kälte zu zeigen, und erscheint daher für uns gewöhnlich und fast immer nur als ein tropfbar flüssiges Metall, geht aber bei mäßiger Erhitzung (280° R.) schon in die Dampfform über. Während Quecksilber längst geschmolzen ist, bleibt das Wasser noch ein fester Körper und das Eis schmilzt erst, nachdem die Wärme vom Schmelzpunkt des Quecksilbers an gerechnet, noch um 32° R. zugenommen hat. Blei und Zinn schmelzen erst bei einer weit größeren Erwärmung, aber bei einer weit geringeren Hitze als Eisen; und die meisten Steine schmelzen erst bei einem noch höheren Hitzgrade. Eben so verschieden ist die Temperatur (der Wärmezustand) des Kochens der flüssigen oder flüssig gemachten Stoffe, d. h. des Ueberganges aus dem tropfbar flüssigen Zustand in den dampf- (gas- oder luft-) förmigen, bei den verschiedenen Stoffen. Während einige Stoffe (z. B. die unterschwefelige Säure) schon kochen bei einer Temperatur (von 8° R. Kälte), bei welcher das Wasser noch als fester Körper erscheint; andere (wie

z. B. die Flußsäure) bei einer Wärme (von 12° R.) schon kochen, bei welcher das Wasser bei weitem noch nicht daran denkt, welches 80° R. Wärme dazu braucht, — kochen (verdampfen) Fette erst bei einer Wärme von 240° R. und darüber, während die meisten Metalle und fast alle Steine, nachdem sie schon einen hohen Hitzgrad erfordern, bis sie nur tropfbar flüssig werden, einen noch viel höhern Hitzgrad erreichen müssen, bis sie verdampfen.

Umgekehrt geht der Wasserdampf sofort wieder aus dem dampfförmigen in den tropfbar flüssigen Zustand (d. h. in Wasser) zurück, so wie er sich unter 80° R. (Wärme) abkühlt, und wird die Abkühlung noch um 80° fortgesetzt, so geht dieser tropfbar flüssige Körper auch wieder in den festen Zustand über (d. h. in Eis). Dasselbe gilt von allen in den Dampfzustand gebrachten oder in diesem Zustande sich befindenden Stoffen. Die unterschwefelige Säure z. B. befindet sich fast immer im Gas-Zustand; so wie sie aber unter 8° R. Kälte abgekühlt wird, wird sie auch tropfbar flüssig. Bei 8° R. Kälte fängt sie wieder zu kochen an und entwickelt dabei eine solche Kälte, daß man dabei noch viele andere Gas-(Luft-)Arten tropfbar flüssig machen kann. — Dagegen giebt es unter den Stoffen, die wir stets nur in Gas-(Luft-)Form zu sehen gewohnt sind, mehrere, wie z. B. unsere atmosphärische Luft und deren beide Bestandtheile (aus denen sie gemengt ist, nämlich das Sauerstoffgas und das Stickstoffgas), welche wir nie im tropfbar flüssigen Zustand gesehen haben, noch weniger im festen, vielleicht weil wir die dazu nöthige Kälte nicht hervorbringen können; während andere Gasarten, z. B. das kohlensaure Gas (die sogenannte fixe Luft, welche wir aus noch gährenden Getränken, z. B. Bier, Champagner, aus dem Selterwasser und noch aus vielen anderen Mineralbrunnen aufsteigen sehen, auch wenn wir Brausepulver in Wasser werfen) durch großen Druck in einen tropfbar flüssigen, und aus diesem wieder durch sehr große Kälte in einen

festen Zustand sich umformen, der freilich nicht bleibend ist, der aber in hinreichender Kälte bleibend sein würde.

Wir unterscheiden daher coercible Gas-(Luft-)Arten, d. h. solche, die sich (durch Druck oder Kälte) tropfbar flüssig machen lassen, von den nicht coerciblen (permanenten) Gasarten, bei denen dies nicht gelungen ist. — Zu diesen letztern gehört auch das Wasserstoffgas, welches mit dem Sauerstoffgas durch chemische Verbindung das Wasser bildet *).

Auf der andern Seite ist es auch noch nicht gelungen z. B. die Kohle oder den Kohlenstoff zum Schmelzen zu bringen, wohl aber hat man den Diamant (Demant), welcher nichts anders als reiner Kohlenstoff ist, durch das elektrische Feuer zum Verdampfen gebracht; und wenn wir ihn noch nicht in dem Zwischenzustand gesehen haben, nämlich in dem tropfbar flüssigen, so mag dies daher rühren, daß wir jenes elektrische Feuer nicht so in unsrer Gewalt haben, also dessen Wirkung nicht so mäßigen können, um den Schmelzgrad des Kohlenstoffes erreicht, aber nicht so weit überstiegen zu haben, daß ein sofortiges Verdampfen eintreten muß. — Geht ja auch Wasserdampf sogleich in Schnee (also Eis, d. h. in einen festen Körper) über, scheinbar ohne erst zu Wasser zu werden, sobald wir ihn plötzlich einer sehr großen Kälte aussetzen. Der Durchgang durch das Wasser bleibt dann von uns nur unbemerkt.

Der Zeitpunkt oder vielmehr der Wärmepunkt des Kochens der flüssigen (oder vorher flüssig gemachten) Stoffe, hängt auch von dem jedesmaligen Drucke der die Oberfläche derselben umgebenden Luft ab, welches wir in einer späteren Vorlesung zu besprechen haben; und bemerken wir hier nur vorläufig, daß das Verdampfen desto früher (d. h. bei einem desto geringeren Wärme- oder Hitz-Grad) eintritt, je geringer dieser Luftdruck ist.

*) 1 Pfund Wasserstoffgas und 8 Pfund Sauerstoffgas mit einander gemischt, geben 9 Pfund Wasser.

Diese Eigenschaft der flüssigen Stoffe, bei einem geringeren oder höheren Wärmegrad zu verdampfen, — in Verbindung mit einer anderen, nämlich der, daß sie, wie man auch die Hitze vermehren mag, doch nicht mehr heißer werden, sobald sie die zum Verdampfen nöthige Wärme erhalten haben, kann in der Küche, in den Gewerben und Künsten u. s. w. auf vielfältige Weise benützt werden. Gemüse, Hülsenfrüchte z. B. in Wasser gekocht, werden nie heißer als 80° R.; in Fett gekocht können sie aber bis zu 240° R. erhitzt werden, weil dann erst das Fett zu verdampfen (zu rauchen) beginnt, und dann erst nicht mehr heißer wird; wohl aber kann das verdampfende Fett leicht in Brand gerathen, was bei dem verdampfenden Wasser nicht der Fall ist. Gemüse, in Butter gedämpft, müssen daher viel schneller und mehr weich werden, als wenn man sie bloß im Wasser kocht.

Daß die einzelnen Stoffe auch an Härte, Gefüge (Struktur), Farbe, Eigenschwere (d. h. an verschiedenem Gewichte bei einerlei Rauminhalt), und außerdem noch auf die mannigfaltigste Weise von einander verschieden sind, brauche ich wohl nicht weiter zu erwähnen.

Dagegen haben auch alle Stoffe mehreres mit einander gemein, und dieses Gemeinschaftliche, welches eigentlich das Grundwesen des Stoffes im Allgemeinen ausmacht, wollen wir nun zunächst vorzugsweise in's Auge fassen. Wir werden dadurch zu Resultaten gelangen, welche für alle Stoffe zugleich gelten, und es dann leichter haben, später die besonderen Eigenheiten, wodurch sich der eine Stoff von dem andern, oder eine Reihe von Stoffen von einer anderen Reihe derselben, unterscheidet, nach Belieben mehr oder weniger noch hinzuzufügen.

Jedes kleinste Stofftheilchen ist nämlich mit Kräften begabt, d. h. jedes wirkt auf ein anderes (derselben, oder einer andern Art) oft schon in der Entfernung, oft erst nach erreichter Berührung, sichtbar ein, und eine solche Einwirkungs-Fähigkeit nennen wir eben Kraft.

Daß aber in dem Stoff, auch in seinen kleinsten Theilen, fortwährend Kräfte lebendig und thätig sind, wer könnte daran zweifeln? — Wir sehen nicht nur das sogenannte organische Leben der Thiere und Pflanzen, d. h. das sich Entwickeln mittelst Organe (Glieder, oder Werkzeuge), deren jedem die Allmacht ganz bestimmte Funktionen (Verrichtungen) angewiesen hat, — sondern wir sehen auch nach dem Absterben dieses organischen Lebens, die animalischen (thierischen) und vegetabilischen (pflanzlichen) Reste sich fortwährend und unaufhörlich verändern; sie gehen nach und nach über in Humus (welcher einen wesentlichen Bestandtheil der Garten- oder Damm-Erde bildet) und verwandeln sich zuletzt in einige Salze, Erdarten, Wasser und in einige Luftarten. — Wir sehen das Wasser, wenn wir solches der dazu nöthigen Kälte aussetzen, in Eis sich verwandeln, bei dem Uebergang aber das Eis in Krystallform anschießen; wir sehen alle in Wasser aufgelösten festen Körper, sobald das Wasser verdunstet, wiederum in Krystallen hervortreten, d. h. wir sehen diese Stoffe an der Oberfläche bestimmte Formen annehmen, welche ebene Grenzflächen und scharfe Kanten zeigen, und welche für verschiedene Stoffe zuweilen dieselben, häufiger aber verschiedene sind. Dabei spalten diese Krystalle in meist unsichtbaren, aber für jede Gattung von Krystallen in bestimmten Winkeln gegen einander liegenden ebenen Flächen. — Alle diese Erscheinungen setzen Ursachen d. h. Kräfte voraus.

Wir sehen harte Felsen sich zerklüften, in Stücken herabfallen; wir sehen diese Stücken wiederum in Trümmer zerfallen, bis zuletzt das Ganze in Sand oder Erde, ja in Staub verwandelt sich zeigt; auch hier haben Ursachen d. h. Kräfte fortwährend gewirkt. — Wir sehen in den Bächen, Flüssen und Strömen fortwährend das Wasser nach dem Meere hin abfließen, — wir sehen noch das Meer in ununterbrochener Bewegung, selbst dann, wenn der Schifffahrer die See für eine ruhige erklärt; — wir fühlen die Luft, die uns umgiebt, in fort-

währender Bewegung, bald mit dem Säuseln des Zephyrs, bald mit dem Wehen des Windes; aber auch oft mit dem Brausen des Sturmes und dem Wüthen des Orkans; — auch hier sind die, in dem kleinsten Theile des Wassers und der Luft vorhandenen, lebendigen und thätigen Kräfte nicht zu verkennen. — Jeder feste Körper läßt sich in immer kleinere Theile zerbröckeln, die Metalle z. B. mit der Feile in gröbere oder feinere Feilspäne zertheilen, — die Steine, wie Glas und wie die Salze, in Pulver (durch Reiben oder Stoßen) verwandeln, aber nicht ohne daß man dabei mehr oder minder Kraft verwendet; also müssen diese Theilchen selber in dem festen Körper mit derselben Kraft zusammen gehalten haben, als die ist, welche nöthig war, um diesen Zusammenhalt (Cohäsion) zu zerstören. — Ob jeder Stoff bis in's Unendliche theilbar ist, so nämlich, daß jeder, noch so kleine Theil, immer wieder noch in kleinere Theile zertheilt werden könne, oder ob jeder Stoff aus kleinsten, untheilbaren Theilen (Atomen) bestehe, können wir nicht entscheiden; ebensowenig können wir die Frage beantworten, ob, wenn der Stoff aus solchen kleinsten, untheilbaren Theilen zusammengesetzt ist, diese letzteren eine bestimmte Gestalt (Form) haben, welche Gestalt der Atome für die verschiedenen Stoffe eine verschiedene sein könnte.

Betrachtet man aber den Stoff in allen seinen Erscheinungen näher, so stellen sich nach und nach drei wesentlich von einander verschiedene Kräfte heraus, welche dem Stoffe eingepflanzt (immanent) d. h. welche von dem Stoffe unzertrennlich sind. Unter diesen drei Kräften nun betrachten wir zuerst die Anziehungskraft (Attraction). — Je zwei Theilchen eines und desselben oder verschiedener Stoffe, ziehen sich nämlich, auch schon in beliebiger Entfernung, einander an, d. h. sie haben das Bestreben sich einander zu nähern, sich gegen einander hinzubewegen; — und sie führen diese Bewegung wirklich bis zu ihrer Vereinigung aus, wenn ihnen kein Hinderniß in den Weg tritt; diese Bewegung beider Stofftheile

gegen einander, wird während der Dauer derselben nothwendig immer eine schnellere und schnellere bis zu ihrem Ende, weil zu jeder Geschwindigkeit, die sie bereits erlangt haben, die fortdauernde Wirkung derselben Kraft, nothwendig immer noch eine neue Geschwindigkeit hinzufügt.

Ziehen zwei Stofftheilchen ein drittes in gleicher Entfernung gleich stark an, d. h. geben sie diesem dritten in gleicher Zeit gleiche Geschwindigkeit, so erkennen wir in beiden gleich viel Stoff; zieht das eine stärker als das andere, so hat das erstere mehr Stoff als das andere, vorausgesetzt, daß beide von dem dritten (angezogenen) gleich entfernt gewesen sind. — Hat von zwei (gleichstoffigen oder verschiedenstoffigen) Körpern, der eine 10mal so viel Stoff als der andere, so zieht er einen dritten Körper, unter übrigens ganz gleichen Umständen, also namentlich in gleicher Entfernung, auch 10mal so stark an, als der andere, weil jeder seiner 10 Theile genau so stark zieht als der andere, der nur aus einem einzigen Stofftheil besteht.

Und so haben wir das erste Gesetz der Attraction (Anziehungskraft), nämlich:

„Zwei (gleichstoffige oder verschiedenstoffige) Körper ziehen „einen und denselben dritten Körper, wenn sie von dem „letzteren gleich weit entfernt sind, im Verhältniß ihrer Stoff-„Mengen (Massen) an.“ —

Oder umgekehrt:

„Geben zwei Körper (vermöge der Anziehungskraft) einem „und demselben dritten Körper, von welchem sie gleich-„weit entfernt sind, verschiedene Anfangsgeschwindig-„keiten, die sich z. B. wie 5 zu 8 verhalten, so verhalten „sich auch die Stoff-Mengen (die Massen) dieser beiden „Körper eben so zu einander, d. h. wie 5 zu 8.“

Sind die beiden Stoff-Mengen in zwei sich einander gegenseitig anziehenden und in Folge der Anziehung sich gegen einander bewegenden Stofftheilchen, einander gleich, so werden beide

sich auf der Mitte des Weges vereinigen; ist aber die Stoffmenge in dem ersteren, die zehnfache von der in dem zweiten, so wird der zweite (weniger massige) zehn mal so stark zu dem erstern hingezogen, als der erstere zu dem zweiten hin. Der zweite wird also in jedem Augenblick die zehnfache Geschwindigkeit haben, von der, welche der erstere (der massigere) in demselben Augenblick hat. Der zweite wird also nun den bei weitem größeren Theil des Weges zurücklegen bis zur Vereinigung beider; der erstere dagegen nur den bedeutend kleineren Theil dieses Weges.

Wenn daher zwei Körper vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung, sich gegen einander bewegen, bis sie sich vereinigen, so wird der eine derselben einen desto kleinern Theil der gesammten anfänglichen Entfernung von einander durchlaufen, je größer seine Stoffmenge ist, gegen die des andern gehalten. — Ist also z. B. der eine der beiden sich gegenseitig anziehenden Körper die ganze Erdkugel, — deren Durchmesser 1720 Meilen hat, — während der zweite dieser Körper verhältnißmäßig nur sehr klein ist, z. B. ein Stein, welcher von der Oberfläche der Erdkugel um irgend wie viel absteht, — so wird der (kleine) Stein bis auf ein unmerkliches den ganzen Abstand zwischen beiden durchlaufen müssen, bis sie sich vereinigen, während die Erdkugel gegen den Stein hin, nur einen so unmerklichen Weg beschreiben wird, daß sie, als an ihrer Stelle verbleibend, erscheinen muß.

Zweite Vorlesung.

Einige Folgen der Anziehungskraft. — Schwere. Gewicht. Das Fallen der Körper. Das Fließen der Gewässer. — Bestimmung der Stoffmengen.

Wir haben in der ersten Vorlesung die Anziehungskraft (Attraction) als eine solche Kraft bezeichnet, welche auch in dem

kleinsten Theile eines jeden Stoffes ewig wirkt und thätig ist und vermöge welcher je zwei Körper, in jeder Entfernung von einander, gezwungen sind, gegen einander sich zu bewegen, um sich endlich mit einander zu vereinigen, so daß diese Vereinigung stets auch wirklich statt findet, sobald keine anderen Ursachen vorhanden sind, welche dieselbe hindern; und wir haben noch hervorgehoben:

1) Zwei Körper, die sich gegenseitig gleich stark anziehen (so daß sie sich, dieser Anziehung überlassen, genau in der Mitte zwischen ihren anfänglichen Standörtern vereinigen müßten) haben gleiche Stoffmenge, d. h. gleiche Massen.

Oder, mit andern Worten: Zwei Körper die gleiche Stoffmengen haben, ziehen sich gegenseitig gleich stark an.

2) Zwei Körper, welche verschiedene Stoffmengen haben ziehen sich einander im Verhältniß ihrer Stoffmengen (Massen) an, so daß die 1000fache Stoffmenge auch die 1000fache Kraft ausübt.

Wir haben dann noch daraus gefolgert, daß wenn der eine dieser Körper die ganze Erdkugel, der andere aber z. B. ein Stein ist, der in einer gewissen Entfernung von der Erdoberfläche sich selber überlassen wird, — daß dann diese beiden Körper, — die ganze Erdkugel und der Stein außerhalb derselben, — sich gegen einander hin bewegen müssen; daß jeder dieser beiden Körper bis zu ihrer Vereinigung einen Weg (mit immer wachsender Geschwindigkeit) machen muß, daß aber wegen der unverhältnißmäßig großen Stoffmenge der ganzen Erdkugel, der von ihr gegen den Stein hin beschriebene Weg für die Beobachtung ganz unmerklich sein muß, während der Stein den ganzen Weg zurücklegen wird, bis auf jenen ganz unmerklichen Theil.

Und so zeigt sich das sogenannte Fallen eines jeden Körpers, der sich rings um die Erdkugel herum irgend wo außerhalb der Erdoberfläche befindet, auf letztere, — als eine nothwendige Folge der Anziehungskraft; bei welchem Ereigniß die

ungeheure Stoffmenge der Erde (im Verhältniß gegen die Stoffmenge des gegen sie fallenden Körpers) nur eine völlig unmerkliche Bewegung gegen den fallenden Körper machen kann. — Dabei zieht zwar jedes Stofftheilchen der, einen großen Raum einnehmenden Erdkugel, die Stofftheilchen des fallenden Körpers zu sich hin, so daß jedes der letzteren gleichzeitig nach den verschiedensten Richtungen hingezogen wird; die Mathematik weist aber auf das Ueberzeugendste nach, daß die Gesammtwirkung dieser gleichzeitig wirkenden Kräfte stets nach dem Mittelpunkte der Erdkugel hingerichtet und so groß sein muß, wie wenn die gesammte Stoffmenge derselben in ihrem Mittelpunkt zusammen gedrängt läge *). Der Körper fällt also, wo er auch rings um die Erdkugel herum, außerhalb der Erdoberfläche sich befinden mag, stets gegen den Mittelpunkt der Erde zu, und die Richtung seines Falles wird die scheitelrechte, lothrechte (vertikale) genannt.

Die Ebene, auf welcher die Richtung der Schwere senkrecht steht, heißt waagerecht (horizontal) und jede gerade Linie in ihr, ebenfalls so. —

Während seines Falles befolgt der Körper die nachstehenden Gesetze:

1) Seine Geschwindigkeit steht stets mit der Dauer seines Falles im gleichen einfachen Verhältniß (sie ist mit der Zeit proportional), d. h. nach der doppelten Zeit ist die gewonnene Geschwindigkeit doppelt so groß, als nach der einfachen Zeit, und nach der siebenfachen Zeit ist sie auch das Siebenfache. — In Berlin z. B. wird die Geschwindigkeit, welche ein fallender Körper nach der ersten Sekunde hat, durch die Zahl 31¼ aus-

*) Da der Erdkörper keine vollkommene Kugel ist, so weicht die Richtung der Schwere von der Richtung nach dem Mittelpunkte der Erde hin, hie und da um ein klein wenig ab, aber so wenig, daß die obige Behauptung immerhin Platz greifen kann.

gedrückt, also muß sie ebendaselbst nach der zehnten Sekunde 10 mal so groß, folglich 312 ½ sein *).

Die Geschwindigkeit des fallenden Körpers läßt sich also für jede Zeit nach der Regel de Tri berechnen, sobald man seine Geschwindigkeit nach irgend einer Zeit seines Falles kennt.

2) Die durchfallenen Räume d. h. die Fallhöhen (jedesmal vom Anfange des Falles an gerechnet), stehen dagegen mit den dazu gebrauchten Zeiten im quadratischen Verhältniß (die Fallhöhen verhalten sich wie die Quadrate **) der dazu verwandten Zeiten), d. h. in der dreifachen Zeit ist die Fallhöhe das 3 mal 3 oder 9fache von der Höhe, welche der Fall in der einfachen Zeit zurückgelegt hat; und in der 5fachen Zeit ist sie das 5 mal 5 oder 25fache derselben. — In Berlin z. B. ist die Fallhöhe in der ersten Sekunde 15 ⅝ Pr. oder Rh. Fuße, daher nach 8 Sekunden der Dauer des Falles, das 8 mal 8 oder 64fache davon; d. h. 1000 Fuß. — Die in jeder gegebenen Zeit zurückgelegte Höhe des Falles läßt sich daher, sobald man die in irgend einer bestimmten Zeit zurückgelegte Fallhöhe kennt, ebenfalls mit der Regel de Tri berechnen, nur muß man in

---

*) Wenn gesagt wird, eine Geschwindigkeit sei z. B. 50, so versteht man darunter, daß eine Bewegung, welche mit dieser unveränderten Geschwindigkeit eine Sekunde lang dauern würde, 50 Fuße durchlaufen müßte. — Die Zahl, durch welche eine Geschwindigkeit ausgedrückt wird, hängt also auch von dem größeren oder kleineren Fußmaaße ab, welches (stillschweigend oder ausdrücklich) zu Grunde gelegt wird.

**) Das Quadrat einer Zahl, z. B. 7, entsteht, wenn man diese Zahl mit sich selber multiplicirt.

Die Quadrate der Zahlen

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 2c.

sind daher bezüglich

4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 2c.

dem Ansatze statt der Zeiten, die Quadrate derselben aufnehmen d. h. die Zahl der Sekunden, mit sich selber multiplicirt.

Diese beiden Gesetze des Falles der Körper wurden von dem berühmten italienischen Professor Galilei auf dem Wege der Versuche, also der Erfahrung, lange vorher gefunden, ehe man daran dachte, die Wirkung aus der Ursache durch allgemeine Rechnungen (d. h. durch Schlüsse, welche eine bestimmte mathematische Form haben) abzuleiten, ja ohne überhaupt auf die Ursache des Fallens einzugehen. Dadurch bekundet sich aber der große Fortschritt der Naturwissenschaften, daß man sich nicht mit den bloßen Erscheinungen und mit den aus einer größeren Reihe von Erfahrungen gezogenen (also wahrscheinlich gemachten) Gesetzen dieser Erscheinungen begnügt, sondern die Nothwendigkeit dieser Gesetze aus der nächsten Ursache dieser Erscheinungen folgert. — So ist das zweite Gesetz des Falles, wie die Mathematik auf das Ueberzeugendste nachweist, eine nothwendige Folge des ersteren, während das erstere eine nothwendige Folge der, während des ganzen Falles fortdauernden, stetig sich wiederholenden, Anziehungskraft der Erdkugel ist, unter der Voraussetzung, daß diese Anziehungskraft in allen Entfernungen dieselbe bleibt, was später erst noch näher besprochen werden kann.

Nach denselben Gesetzen rollt die Kugel einer Kegelbahn auf der Rinne zu dem Spieler wieder zurück, wenn sie hinten aufgelegt worden ist, nur daß hier nicht die gesammte Anziehungskraft der Erde wirkt, sondern nur ein Theil derselben, und zwar derselbe Bruchtheil, den man erhält, wenn man die Höhe der Rinne (d. h. den scheitelrechten Abstand zwischen den beiden durch das obere und untere Ende der Rinne gelegten waagerechten Ebenen) durch die Länge der geradlinig gedachten Rinne dividirt; der andere Theil der Anziehungskraft der Erde auf die rollende Kugel geht, als Druck der letzteren auf die Rinne, für die Bewegung verloren. Die, zu Ende einer jeden

Zeit, durch die rollende Kugel erworbene Geschwindigkeit, so wie der zurückgelegte Weg, sind derselbe Bruchtheil der Geschwindigkeit und des Weges, welchen dieselbe Kugel nach derselben Zeit erworben und zurückgelegt haben würde, wenn dieselbe im freien Raume scheitelrecht heruntergefallen wäre.

Auf dieselbe Weise wie die Kegelkugel in der Rinne, fließen die Gewässer des Regens, der Bäche, Flüsse und Ströme von den höheren Punkten nach den tieferen, blos vermöge der Anziehungskraft der Erdkugel auf alle Gegenstände auf oder außerhalb ihrer Oberfläche.

Alles dieß gilt aber nur, solange der wirklichen Bewegung kein Hinderniß in dem Wege steht. So z. B. fallen alle Körper in der Wirklichkeit durch eine expansive Flüssigkeit hindurch, nämlich durch die, uns überall umgebende Luft; sie müssen daher diese Flüssigkeit vor sich wegtreiben und dadurch geht ein Theil der in ihnen lebenden Kraft fortwährend verloren, welcher Umstand die Geschwindigkeit, wie die Fallhöhe, welche zu einer gegebenen Zeit vorhanden sein müssen, mehr oder minder, ja, oft sehr bedeutend verringern kann. Wenn also z. B. eine Bleikugel und ein Blatt Papier, die gleichzeitig aus derselben Höhe herunterfallen, ohne dieses Hinderniß der Luft, während der ganzen Dauer des Falles, immer neben einander bleiben würden, so ist dieß doch bei dem wirklichen Falle in der (flüssigen) Luft etwas Anderes; das Papier wird hinter der Bleikugel bedeutend zurückbleiben, weil die Letztere den Widerstand der Luft leichter überwindet. So erleidet auch die in der Rinne herunterrollende Kegelkugel eine Verzögerung, theils durch den Widerstand der Luft, theils durch die Reibung der Kugel in der Rinne. —

Ueberhaupt leisten die Stofftheilchen den ihnen innewohnenden Kräften häufig keine sichtbare Folge, eben weil sie durch größere Kräfte, d. h. durch stärkere Einwirkungen daran verhindert werden.

So müssen, wenn sich in einem Zimmer an den entgegengesetztesten Enden zwei Möbel befinden, diese vermöge der gegenseitigen Anziehung, nothwendig sich bis zu ihrer Vereinigung gegen einander bewegen; weil sie aber von der so ungemein viel größeren Anziehung der massenhaften Erdkugel, an letzterer festgehalten werden, so können sie ihrer gegenseitigen Anziehung nicht Folge leisten.

Der fallende Körper muß dieselben obigen Gesetze seines Falles befolgen (im luftleeren Raume), er mag viel oder wenig Stoff enthalten, weil jedes einzelne Theilchen des Stoffes von der gleichen Anziehungskraft der gesammten Erdkugel gleichmäßig belebt ist, die Theilchen alle also, ohne sich gegenseitig zu hindern oder zu fördern, ihre gemeinschaftliche Reise mit gleichen Kräften antreten und bis zu ihrer Beendigung fortsetzen.

Die durch die Anziehung der ganzen Erdkugel in jedem Stofftheile außerhalb derselben, hervorgebrachte Kraft, wird im gewöhnlichen Leben die Schwere genannt; unterstützt man einen Körper durch die Hand, so daß er dem Antrieb seiner Schwere nicht Folge leisten kann, so muß die Hand gegen den Körper dieselbe Kraft anwenden, von welcher er belebt ist; die Hand erleidet daher einen Druck, welcher mit der Stoffmenge des Körpers im gleichen Verhältnisse stehen muß, d. h. die doppelte Stoffmenge drückt doppelt so stark und die dreifache Stoffmenge drückt dreimal so stark; diesen Druck nennen wir das Gewicht des Körpers. Wenn also zwei Körper, z. B. ein Stück Eisen und ein Stück Fleisch, auf eine, sie vom Fallen abhaltende Unterlage gleich stark drücken (vermöge der Anziehungskraft der Erdkugel auf jedes ihrer Stofftheilchen, d. h. vermöge der Schwere der letzteren), so haben beide Körper eine gleich große Stoffmenge, so verschieden sie auch sonst an Rauminhalt (Volumen) sein mögen; bei dem kleineren Körper ist die Stoffmenge mehr zusammengedrängt, bei dem größeren mehr auseinander gehalten, so daß bei dem letzteren die Zwischenräume (die gewöhnlich

mit der, alles durchdringenden Luft ausgefüllt sind) größer sein müssen. — Wir beurtheilen daher die Stoffmengen der einzelnen Körper auf der Erdoberfläche mit Recht nach ihrem Gewichte, so daß wir bei dem einen Körper z. B. eine 5 mal so große Stoffmenge voraussetzen, als bei dem anderen, wenn der erstere 5 mal so viel wiegt als der andere. Nennen wir den Druck, welchen z. B. ein bestimmt vorliegendes Stück Eisen auf eine waagerechte Unterlage ausübt, ein Pfund, oder einen Centner, und drücken wir den Druck irgend eines anderen beliebigen Körpers, den er vermöge seiner Schwere ausübt, in solchen Pfunden oder Centnern aus (mittelst der Waage) — nehmen wir endlich die Stoffmenge, die in dem Pfunde oder dem Centner vorhanden ist, auch als Einheit für die Stoffmengen, so ist die Stoffmenge des anderen beliebigen Körpers dann durch dieselbe Zahl ausgedrückt, durch welche wir die Größe des Druckes ausgedrückt haben, den er auf eine Unterlage vermöge seiner Schwere ausübt.

Die Stoffmenge eines Körpers nennen wir gewöhnlich seine Masse und wir drücken also die Masse der Körper in Pfunden aus. Man muß aber wohl unterscheiden das Pfund als Kraft (Druck) und das Pfund als Stoffmenge oder Masse; denn wir gebrauchen das Wort Pfund in diesem doppelten Sinne. Wenn man sich einen Braten von 15 Pfunden holen läßt, so hat man dabei die Stoffmenge im Auge; belastet man aber ein Buch, in welches frische Pflanzen eingelegt sind, mit 15 Pfunden, so hat man dabei die Kraft im Auge, womit diese Belastung pressen soll. Der Sinn der Rede muß jedesmal über diese doppelte Bedeutung der Worte Pfund, Centner, u. d. gl. entscheiden.

Das Fallen der Körper, nach dem Mittelpunkte der Erde zu, giebt uns auch die Begriffe von Oben und Unten, von Hoch und Tief; wir nennen oben und hoch die Stellen, welche von dem Mittelpunkte der Erde weiter abliegen, dagegen

unten und tief die Stellen, welche dem Mittelpunkte der Erde näher liegen. So liegen die Oberflächen aller zusammenhängenden Oceane und Meere rings um die Erde herum (wenn sie nicht in Bewegung sind) überall gleich hoch, weil alle Punkte dieser Flächen von dem Mittelpunkte der Erde gleich weit abliegen, während die Gipfel der, rings um die Erde herum heraustretenden Berge sehr verschieden hoch liegen, d. h. von dem Mittelpunkte der Erde sehr verschieden entfernt sind. Die Höhen der Berggipfel werden gewöhnlich durch die Zahl der Fuße ausgedrückt, um welche sie von dem Mittelpunkt der Erde weiter abliegen, als die Oberfläche der zusammenhängenden Oceane von demselben Mittelpunkte abliegt; wodurch es verständlich wird, wenn man sagt: „die Schneekoppe (im schlesischen Rie„sengebirge) liege 4900 Fuß über dem Meere." — Der Mittelpunkt der Erde ist der unterste oder tiefste Punkt, den es für die Erdbewohner giebt.

Daß aber die gesammte Oberfläche der zusammenhängenden Oceane und Meere, wenn sie nicht von anderen Kräften bewegt werden, rings um die Erde herum überall gleiche Höhe hat, ist wiederum nur eine nothwendige Folge der in dem Stoffe wohnenden Anziehungskraft; denn, wenn an irgend einer Stelle des Oceans das Wasser höher stünde als an einer andern, so würde das Höherliegende auf der dadurch gebildeten schiefen Fläche ebenso abfließen müssen, wie die Flüsse und Ströme nach dem tiefer gelegenen Meere zu abfließen, und dieß würde so lange dauern bis die Gesammtoberfläche wiederum überall gleich hoch stünde.

Vor allen Dingen muß man aber festhalten, daß die Anziehungskraft der gesammten Erdkugel, also die Schwere der Körper, d. h. die Kraft, durch welche der Körper zum Fallen veranlaßt wird, stets eine unendlich kleine Kraft ist, gegen die Kraft, welche nöthig ist, um einem Körper eine, wenn auch noch so kleine, sichtbare (endliche) Geschwindigkeit zu geben.

Der fallende Körper erlangt zwar in der kürzesten Zeit seines Falles eine sichtbare (endliche) Geschwindigkeit, allein in dieser kürzesten Zeit hat die Anziehungskraft der Erde auch bereits unendlich oft gewirkt, da sie ohne Unterlaß, und ohne auszusetzen, thätig ist; die unendlich kleine Kraft der Schwere mußte sich also durch ihre unendlich oft wiederholte Wirkung zu dieser endlichen Geschwindigkeit ansammeln. Man könnte zwar sagen, daß es der Muskelkraft des Menschen nicht ganz leicht falle, einen Centnerstein aufzuheben, daß daher die Schwere nicht unendlich klein sein könne; allein man übersieht dann, daß das zu hebende Gewicht nicht die Schwere ist, sondern der Druck, welchen die in dem Centnerstein vorhandene Stoffmenge, die aus unendlich vielen, unendlich kleinen Theilen besteht, von denen jeder schwer ist, auf den Träger ausübt; im Gewichte eines Körpers wiederholt sich daher die unendlich kleine Schwere der einzelnen unendlich kleinen Stofftheilchen unendlich oft. Läßt man den Centnerstein und einen Pfundstein neben einander von einer Höhe herabfallen, so fallen beide gleichzeitig gleich schnell und sie kommen auch beide gleichzeitig unten an, weil die unendlich kleinen Stofftheilchen, im Centnerstein wie im Pfundstein, alle von derselben unendlich kleinen Kraft der Schwere fortwährend getrieben werden.

Um das zuletzt Gesagte noch mehr zu veranschaulichen, betrachten wir einen Menschen in den beiden Zuständen, einmal, wo er sich auf den Erdboden hinlegt, — und das andere Mal, wo er von dem Dache eines hohen Hauses herunterfällt. In der ersteren Lage drückt er den Boden mit seinem, durch die unendlich kleine Schwere hervorgebrachten Gewicht, und der Erdboden setzt ihm denselben Druck entgegen; diesen letzteren fühlt er, früher oder später, und er bricht zuletzt in die Klage aus, „daß er hart liege"; diesen Gegendruck empfindet er selbst im weichen Bette, nur dort auf eine größere Oberfläche seines Körpers vertheilt und daher weniger empfindlich für die einzel-

nen Körpertheile. — Fällt aber derselbe Mensch von der Höhe eines Daches herunter, so haben seine einzelnen Stofftheilchen jetzt die, während der Dauer seines Falles durch die unendlich oft wiederholte Schwere angesammelte (endliche) Geschwindigkeit; der Stoß seiner, auf den Boden fallenden Masse ist daher, gegen den vorigen Druck gehalten, unendlich groß, und er wird demzufolge von dem eben so großen Gegenstoß des Erdbodens, zerschmettert.

Eben so ist auch die Anziehungskraft der Sonne, zwar um so vielmal größer als die der Erdkugel, als die Stoffmenge der Sonne größer ist, als die der Erde, — aber immer noch unendlich klein, gegen jede Kraft, welche, von aussen auf einen Körper wirkend, die kleinste aber sichtbare (endliche) Geschwindigkeit hervorbringt.

Die Anziehungskraft wird von dem Menschen zu seinen Zwecken auf die mannigfaltigste Weise benutzt. Er benutzt die in den fließenden Gewässern vorhandene reiche Kraft, zur Umdrehung der Schöpfräder, womit er seine Wiesen bewässert, — der Wasserräder, durch welche er in den verschiedenen Mühlenanlagen die verschiedensten Bewegungen zum Zerreiben, zum Schleifen, zum Ziehen und zum in die Höhe Heben der Stoffe und schwerer Körper hervorbringt; die dadurch aufgehobenen Stampfen, schweren Hämmer u. dgl. erlangen durch ihr Wiederherabfallen eine endliche Geschwindigkeit und damit diejenige Kraft des Stoßes, womit Erze zerpocht und die größten (glühenden) Eisenmassen in beliebige Formen geschlagen werden. — Er läßt durch Herabfallen der Rammklötze die längsten Pfähle in die Tiefe des Erdbodens einrammen; er benutzt die schiefen Abhänge der Berge, um das, auf den Höhen geschlagene Holz oder mächtige Steinblöcke durch die, in ihnen lebende eigene Kraft, herunterzuschaffen; unzähliger anderer Anwendungen der Anziehungskraft des Erdkörpers nicht zu gedenken.

Dritte Vorlesung.

Weitere Folgen der Anziehungskraft. — Bewegung der Planeten um die Sonne, und der Monde um ihren Planeten. — Gesetz der Anziehungskraft für ungleiche Entfernungen. — Bestimmung der Größe der Anziehungskraft, nach der Masse des anziehenden Körpers und seiner Entfernung von dem angezogenen.

Aber warum fällt die Erde nicht in die Sonne hinein, oder vielmehr, warum bewegen sich nicht die Sonne und die Erde gerade gegen einander, bis sie zusammenstoßen, da dieß doch vermöge der Anziehungskraft des Stoffes (dieser beiden Weltkörper) so sein müßte? —

Keine Wirkung ohne Ursache! Dieß ist das wichtige Denkgesetz des Menschen, welches ihn immer zu neuen Forschungen treibt und welches selbst den an die Nothwendigkeit des Daseins Gottes glauben lehrt, welcher jedem Autoritätsglauben entsagt hat. Oben haben wir bereits die Ursache gefunden, aus welcher zwei Möbeln in einem Zimmer, trotz dem, daß sie sich gegenseitig anziehen und sich vereinigen wollen, doch ruhig an ihrer Stelle bleiben; zur Beantwortung der gegenwärtigen Frage wird die besondere Geschwindigkeit, welche der Erde bei ihrer Erschaffung gegeben worden ist, und welche sie, so lange keine Ursache zur Abänderung vorhanden ist, unverändert in derselben Richtung behalten muß, ausreichend sein; — wir wollen aber diese Bewegungen selbst vorher einer näheren Betrachtung unterziehen.

Den Beobachter des gestirnten Himmels entgeht nicht, daß fast alle Sterne selbstleuchtend, und in dieser Beziehung Sonnen sind, und daß nur einige wenige gefunden werden, welche wir Planeten (Irrsterne) nennen, und welche bald volles Licht

zeigen, bald mehr oder weniger dunkel sind; und weil die lichte Seite der letzteren, stets unserer Sonne zugekehrt ist, so schließen wir mit Recht, daß sie überhaupt dunkel sind und daß wir, wenn sie Licht zeigen, auf ihnen blos ein großes Stück Sonnenschein sehen. Die Anzahl dieser Letzteren, von denen in diesem Jahrhundert bis heute, 35 neue entdeckt worden sind, übersteigt zur Zeit die Zahl 43 nicht, wenn wir vorläufig die kleinen Weltkörper ausser Acht lassen, welche Monde genannt werden; — und obgleich täglich noch mehr Planeten entdeckt werden können, so sind doch die meisten derselben mit bloßem Auge schwer oder gar nicht zu sehen. Die übrige ungeheure Zahl der (selbstleuchtenden) Sterne zeigt ihre gegenseitige Lage zu allen Zeiten unverändert, weshalb sie feste Sterne oder Fixsterne genannt werden. Die dunklen und nur von der Sonne beleuchteten Sterne scheinen unter diesen Fixsternen herumzuirren und wurden daher Irrsterne genannt; jetzt nennt man sie gewöhnlich Planeten. — Die Phantasie des Orients hat in den festen Figuren, welche die Fixsterngruppen bilden, allerlei lebendige Gestalten gesehen, die wir heutigen Tages noch, vorzugsweise im sogenannten Thierkreise, auf den bildlichen Darstellungen des gestirnten Himmels gezeichnet erblicken.

Der gesammte Sternenhimmel scheint sich täglich einmal um die Erde zu drehen; diese Erscheinung hat man dadurch erklärt, daß die Fixsterne fest stehen, die Erde dagegen sich täglich einmal um eine, durch ihren Mittelpunkt gehende Gerade (gerade Linie) in der entgegengesetzten Richtung dreht. Diese Gerade wird die Axe der Erde genannt, — sie geht durch zwei entgegengesetzte feste Punkte der Erdoberfläche, welche die Pole der Erde genannt werden. Die Geschwindigkeit dieser Umdrehung ist bis jetzt in jedem Augenblicke gleich groß gefunden worden, so daß diese Drehung eine gleichmäßige (gleichförmige, oder constante) ist. — Diese tägliche Umdrehung der Erde um ihre Achse hat zur Folge, daß, wenn wir das Fortschreiten der Irrsterne unter den Fix-

sternen gehörig beobachten wollen, wir stets 24 Stunden lang warten müssen, bis uns die Umdrehung der Erde um ihre Achse wieder nach derselben Richtung hin gebracht hat.

Da sehen wir nun zunächst die Sonne im Laufe eines ganzen Jahres durch den ganzen Fixsternhimmel hindurch schreiten, scheinbar in einer Kreisbahn, und wir nennen ihren Weg unter den Fixsternen die Ekliptik; und die Fixstern-Gruppen, welche auf diesem Wege liegen, nennen wir eben den Thierkreis. — Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, daß wir die Sonne, gleich den übrigen, selbstleuchtenden Weltkörpern, als im Weltenraume feststehend annehmen und voraussetzen, daß die Erde, während sie sich täglich einmal um ihre Achse dreht, jährlich einmal um die Sonne herum sich bewegt, so daß wir, wegen der unmeßbaren Entfernung der Fixsterne, die viel nähere Sonne während unserer eigenen Bewegung fortwährend bei einem anderen Fixstern erblicken müssen; dadurch muß es uns vorkommen, als bewege sich die Sonne unter den Fixsternen in der entgegengesetzten Richtung von der, mit welcher wir uns zugleich mit der Erde, im Jahre einmal, um die Sonne herum bewegen.

Das scheinbare Herumirren der Planeten am Fixstern-Himmel erklärt sich ebenfalls durch die Annahme, daß sie sich, — die der Sonne näheren in kürzerer, die von der Sonne entfernteren in längerer Zeit, — rings um die Sonne herumbewegen. — Die Erde gehört daher mit zu den Planeten, welche letzteren, ihrem Abstande von der Sonne nach geordnet, Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun heißen, während zwischen dem Mars und dem Jupiter noch, verhältnißmäßig sehr kleine Planetchen (deshalb Asteroiden genannt) um die Sonne kreisen, von denen Ceres, Juno, Pallas und Vesta zu Anfang dieses Jahrhunderts, die übrigen aber erst in den letzten 10 — 12 Jahren entdeckt worden sind, und deren wahrscheinlich noch mehr entdeckt wer-

den. Die Nothwendigkeit des Daseins des Neptun ist auch erst vor wenigen Jahren durch Leverrier zu Paris, aus den Wirkungen seiner Anziehungskraft auf den Uranus nachgewiesen und seine ungefähre Stellung danach bestimmt worden. Nach diesen Angaben ist er dann (auf der Sternwarte zu Berlin) an der voraus bestimmten Stelle zum ersten Male von Menschen gesehen worden; ein hoher Triumph der Wissenschaft, derselben Wissenschaft, welche auch die vorhin erwähnten Annahmen der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe, und ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne, außer allem Zweifel gesetzt hat.

Jeder Planet ist von der Sonne bald etwas weiter entfernt bald ihr etwas näher; z. B. die Erde ist in der Sonnennähe (im Perihelio) ungefähr 20 Millionen Meilen von ihr ab, in der Sonnenferne (im Aphelio) aber ungefähr 22 Millionen Meilen; ihre mittlere Entfernung beträgt also ungefähr 21 Millionen Meilen. — Nimmt man die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Einheit (als den Maaßstab) so drücken sich die mittleren Entfernungen der übrigen Planeten von der Sonne so aus:

Merkur $\frac{387}{1000}$ (etwa 8,000,000 Meilen);
Venus $\frac{723}{1000}$ (etwa 15,000,000 Meilen);
Erde 1 (etwa 21,000,000 Meilen);
Mars $1\frac{524}{1000}$ (etwa 32,000,000 Meilen);

Die nun folgenden 35 Asteroiden haben eine Entfernung von $2\frac{1}{5}$ bis 3 (d. h. von etwa 46,000,000 bis 63,000,000 Meilen); dann kommt:

Jupiter $5\frac{1}{5}$ (etwa 109,000,000 Meilen);
Saturn $9\frac{538}{1000}$ (etwa 200,000,000 Meilen);
Uranus $19\frac{182}{1000}$ (etwa 403,000,000 Meilen);
Neptun $30\frac{63}{1000}$ (etwa 601,000,000 Meilen).

Diese Ansicht des Systems der Bewegung der Planeten um die Sonne, letztere als feststehend gedacht, stellte zuerst Co-

pernikus auf. Es ist bekannt, daß derjenige Theil der Priesterschaft, welcher bloß oder doch mehr seiner Herrschsucht fröhnt, als seinem göttlichen Berufe, und welcher für seine unlauteren Zwecke einen festeren Boden zu gewinnen glaubt, wenn er das Volk jeder Art, möglichst dumm erhält oder auf's Neue zu verdummen strebt, — diesem copernikanischen System mit dem Kerker und nöthigenfalls mit dem Scheiterhaufen entgegen trat, weil solches einem, von Josua gesprochenen, und in der Bibel verzeichneten Worte entgegen sein sollte, — daß der berühmte Galilei, (derselbe, welcher die früher hier mitgetheilten Gesetze des Falles der Körper, versuchsweise gefunden hat und) welcher diese copernikanische Lehre verbreitete, — um sein Leben zu retten, oder doch einer ewigen Einkerkerung zu entgehen, seine Lehren und namentlich, daß sich die Erde bewege, zu Rom öffentlich abschwören mußte, und daß er, nachdem es geschehen war, noch sagte: e pur si muove (und doch bewegt sie sich). — Wenn jetzt Jemand auftritt und das copernikanische System leugnet, so bedauert man ihn nur mitleidig und hält ihn entweder für unfähig über solche Dinge abzusprechen, oder reif für das Irrenhaus.

Als man wußte, daß die Planeten alle um die Sonne kreisen, — und da man wegen der unmeßbaren Entfernung der Fixsterne aus der Betrachtung der letzteren keine Folgerungen weiter ziehen konnte, — beschäftigte man sich mit der Frage, ob die offenbar geschlossene Bahn eines Planeten, eine Kreislinie oder eine länglich gekrümmte Linie sei, und welchen Platz die feststehende Sonne in der, von dieser Bahn eingeschlossenen Ebene einnehme. Der unermüdliche Kepler fand endlich nach einer 15jährigen, höchst mühevollen Arbeit, aus einer großen Reihe von Beobachtungen über den Lauf des Mars, welche Tycho de Brahe auf seiner eigenen Sternwarte in Dänemark angestellt hatte, versuchsweise, die sogenannten Kepler'schen Gesetze, nämlich:

1) Jeder Planet beschreibt um die Sonne eine Ellipse, und die Sonne steht in einem der beiden Brennpunkte derselben.

2) Die aus dem Mittelpunkt der Sonne nach dem Mittelpunkt des Planeten gedachte gerade Linie (Radius vector genannt), — welche länger oder kürzer wird, je nachdem der Planet während seiner Bewegung sich von der Sonne entfernt oder ihr wieder näher rückt, — beschreibt in gleichen Zeiten auch immer gleiche Flächenräume (Sectoren), oder mit anderen Worten, die Inhalte der beschriebenen Sectoren sind mit den dazu gebrauchten Zeiten proportional; (daraus folgt zugleich, daß der Planet schneller geht, wenn er der Sonne näher kommt, und langsamer, wenn er sich von ihr entfernt); endlich:

3) Die Umlaufszeiten zweier Planeten hängen von ihren mittleren Entfernungen von der Sonne ab und zwar so, daß die Quadrate der Umlaufszeiten sich zu einander verhalten, wie die Würfel (Kubi) ihrer mittleren Entfernungen *), so daß man, wenn von zwei Planeten die Umlaufszeiten durch Beobachtungen gefunden sind und von dem einen derselben, z. B. von der Erde, die mittlere Entfernung von der Sonne bekannt ist, den Würfel der mittleren Entfernung des zweiten Planeten von der Sonne nach der Regel de tri berechnen kann, indem man die Quadrate der Umlaufszeiten als die zwei ersten Glieder, den Würfel der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne aber als drittes Glied des Ansatzes nimmt.

Zur näheren Erläuterung bemerken wir noch, daß eine Ellipse gezeichnet wird, wenn man die beiden Enden eines Fadens an zwei beliebigen Punkten eines aufgespannten Papiers

---

*) Der Würfel (Kubus) einer Zahl z. B. 5 ist 5 mal 5 mal 5 (oder 125). Die Kubi der Zahlen

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

sind daher bezüglich

1, 8, 27, 64, 125, 216, 343, 512, 729, 1000.

(etwa mit Nadeln) befestigt, hierauf mit einem hinlänglich dünnen Schreibstift den noch schlaffen Faden ausspannt und den Schreibstift dann (in der Krümmung) links und rechts, so lange fortführt, während der Faden stets ausgespannt bleibt, bis man links und rechts mit beiden Theilen des Fadens in die gerade Linie kommt; dann ist die halbe Ellipse beschrieben; auf der anderen Seite der durch die festgemachten Endpunkte des Fadens gegebenen geraden Linie, beschreibt man dann eben so die andere Hälfte der Ellipse. — Die beiden festen Punkte werden die Brennpunkte der Ellipse genannt, und genau in der Mitte zwischen ihnen liegt der Mittelpunkt der Ellipse. — Je länger, bei derselben Entfernung der Brennpunkte von einander, der Faden genommen wird, oder, je näher bei derselben Länge des Fadens, die festgemachten Enden desselben d. h. die Brennpunkte, an einander gerückt werden, desto weniger ist die Ellipse von der Kreislinie verschieden, und sie geht genau in die Kreislinie über, sobald die beiden Brennpunkte ganz zusammengerückt werden, so daß sie nur einen Punkt bilden, welcher dann zugleich der Mittelpunkt dieses Kreises ist. — Der größte Durchmesser einer solchen Ellipse ist der, welcher durch die beiden Brennpunkte geht; er ist zu gleicher Zeit die Länge des Fadens, mit welchem man die Ellipse beschrieben hat; der darauf senkrechte Durchmesser ist der kleinste. Der erstere heißt die große, der andere die kleine Achse der Ellipse. — Beschreibt nun ein Planet eine solche Ellipse, während die Sonne (nicht in dem Mittelpunkte sondern) in einem der beiden Brennpunkte der Ellipse sich befindet, so ist der Planet an dem einen Endpunkt des größten Durchmessers, der Sonne am nächsten, (er ist in der Sonnen-Nähe oder im Perihelium), an dem anderen Ende desselben Durchmessers aber von der Sonne am weitesten entfernt (er ist in seiner Sonnen-Ferne oder im Aphelium); das Mittel zwischen diesen beiden Entfernungen, ist genau die Hälfte dieses größten

Durchmessers (die halbe große Achse) der Ellipse, und diese letztere ist es also, welche man unter „mittlerer Entfernung" des Planeten von der Sonne, versteht. — Die Zeit, welche der Planet gebraucht, um die ganze elliptische Bahn zu durchlaufen, heißt seine Umlaufszeit, und für die Erde wird sie auch das (Erden-)Jahr genannt; — die Zeit dagegen, welche die Erde gebraucht, um sich einmal um ihre Achse zu drehen, wird der Sternen-Tag genannt; er hat stets eine und dieselbe Länge; weil aber die Erde unterdessen ungefähr um den 365sten Theil ihrer Bahn fortschreitet, die Sonne also am Fixstern-Himmel dem entsprechend etwas zurückbleibt, so ist der Sonnen-Tag ein klein wenig länger und dabei ungleich; das Mittel aus allen Sonnentagen eines Jahres ist dann der mittlere Sonnen-Tag, nach welchem unsre Uhren gehen, und welcher in 24 Stunden, in 24 mal 60, oder 1440 Minuten, und in 24 mal 60 mal 60, oder 86,400 Sekunden eingetheilt wird. — Die Sonnen-Uhren gehen nach dem (veränderlichen) wahren Sonnen-Tag.

Der ächte Bruch, der entsteht, wenn man die Entfernung des Brennpunktes vom Mittelpunkt der Ellipse, durch ihre halbe große Achse dividirt, heißt die Excentricität der Ellipse; nach dem Obigen nähert sich die Ellipse der Kreisform desto mehr, je kleiner dieser Bruch wird. Die Planetenbahnen haben alle mehr oder minder kleine Excentricitäten, d. h. sie nähern sich alle der Kreisform; dabei sind die Ebenen derselben (die sich alle in dem Mittelpunkte der Sonne schneiden) alle sehr stark gegen einander geneigt, d. h. ihrer Lage im Weltraume nach sehr wenig von einander verschieden.

Die Kepler'schen Gesetze wurden die Grundlage eines neuen Theils der Astronomie, welche man die theorische Astronomie nannte, während der bisher getriebene Theil, welcher sich blos mit der Bestimmung der täglichen Lage der Planeten gegen einander und gegen die Erde beschäftigte, die sphä-

rische Astronomie genannt wurde. — Aber der denkende und forschende Mensch begnügte sich nicht mit der bloßen Erkenntniß der Erscheinungen und mit dem daraus zu ziehenden praktischen Nutzen, sondern er forschte nun auch nach den nächsten Ursachen derselben. Dem großen Newton war es gegen Ende des 17ten Jahrhunderts vorbehalten, die Ursache dieser Bewegungen zu entdecken, indem er auf den Gedanken kam, daß es dieselbe sein müsse, welche die Körper auf die Erdoberfläche fallen macht.

Nachdem er sich bereits lange mit der Frage nach dieser Ursache beschäftigt hatte, dachte er eben, in seinem Garten sitzend, wiederum darüber nach, als er von einem fallenden Apfel gestört, plötzlich auf den Gedanken kam, daß beide Bewegungen eine und dieselbe Ursache haben könnten, ein Gedanke, der ihm, dem wahrhaft frommen Mann, sofort um so wahrscheinlicher erschien, als er, von der Einheit Gottes überzeugt, auch von der Einheit seines Willens überzeugt sein zu können glaubte. Er folgerte daraus das Dasein der allgemeinen, jedem Stofftheilchen innewohnenden Anziehungskraft (Attraktion), und — den Gelehrten war eine neue Bahn eröffnet.

Der Fortschritt, welchen dadurch die gesammten Naturwissenschaften gemacht haben, ist nicht hoch genug anzuschlagen. Die Bewegung der Planeten erklärt sich nun so: Betrachten wir einen Planeten, z. B. die Erde, zu irgend einer Zeit, so hat sie in irgend einer Richtung eine bestimmte Geschwindigkeit, welche im Mittel, da sie ihre ganze Bahn von ungefähr 66 Millionen Meilen Länge in ungefähr 365 Tagen zurücklegt, mehr als 2 Meilen in der Sekunde und mehr als 125 Meilen in der Minute beträgt. Da nun keine Wirkung sein kann, wo keine Ursache ist, so würde sie mit dieser ungeheuren Geschwindigkeit in derselben Richtung geradlinig und ewig sich fortbewegen und sich deshalb in einem kurzen Zeitraume von der Sonne so weit entfernen, daß wir die letztere anfänglich noch,

wie jetzt einen Fixstern, zuletzt aber gar nicht mehr sehen würden. Weil aber die (unendlich kleine) Anziehungskraft der Sonne in demselben Augenblicke, wie in jedem der folgenden, auf die Erde wirkt, so lenkt die Sonne den Planeten unendlich wenig von seiner Richtung ab, — und so ohne Unterlaß, — aber immer unendlich wenig — von jeder neuen Richtung ab, — wodurch auch zu gleicher Zeit eine unendlich kleine Aenderung der Größe der Geschwindigkeit des Planeten hervorgebracht wird; und so beschreibt denn der Planet eine krumme Linie um die Sonne herum und mußte dieselbe von dem Augenblicke an beschreiben, wo ihm eine so große Seitengeschwindigkeit ein für allemal gegeben worden ist. Gott, der Allmächtige, welcher alle Stoffe mit der Anziehungskraft begabte, mußte daher bei der Erschaffung der Welt auf irgend eine Weise dafür sorgen, daß die Planeten bei ihrer Entstehung zugleich diese große Seitengeschwindigkeit ein für allemal erhielten, wenn er nicht haben wollte, daß selbige unmittelbar nach ihrer Erschaffung, in kürzester Frist in die Sonne hineinfallen, — seinem ersten Willen gemäß, nach welchem alle Stoffe mit Anziehungskraft begabt sein sollten. Auf diese wunderbar einfache Weise genießen wir, Jahr aus, Jahr ein, das zu unserem Dasein so nothwendige Sonnenlicht, gleichzeitig mit allen den Vortheilen, welche uns die Anziehungskraft des Stoffes und namentlich die Wirkungen der Schwere gewährt. — Vielleicht berechtigen uns spätere Betrachtungen zu der Annahme, daß die Sonne nebst allen ihren Planeten ein einziger Körper gewesen ist, vielleicht mit so viel Hitze begabt, daß alle Stoffe in Dampfform sich zeigten; daß die Stoffe dieses Gesammtkörpers neben der Anziehungskraft noch mit einer Umdrehungs-Geschwindigkeit begabt worden sind, die ihnen bleiben mußte, als andere später hier zu besprechende Ursachen, ein Abwerfen einzelner kleinerer Theile des Gesammtkörpers zur Folge hatten, welche vermöge der Anziehungskraft sich abrundeten und zu gleicher Zeit ihre Bahn um die Sonne beschreiben mußten. —

Während die Erde ihre Bahn um die Sonne beschreibt, bleibt der Mond ihr beständiger und treuer Begleiter. Der Unterschied der Entfernungen beider von der Sonne ist dabei äußerst gering und beträgt ungefähr $\frac{1}{400}$ des Ganzen. Der Mond ist daher gewissermaßen als ein zur Erde gehöriger Körper zu betrachten, welcher mit der Erde gleiche Seitengeschwindigkeit erhalten hat und von der Sonne auch äußerst nahehin gleich stark angezogen wird; er hat aber noch eine zweite uranfängliche Seitengeschwindigkeit, und weil er dabei fortwährend von der Erde angezogen wird, so bewegt er sich nach denselben Gesetzen um die Erde herum, nach welchen sich die Planeten um die Sonne bewegen. Seine Umlaufszeit um die Erde beträgt nur wenig mehr als vier Wochen; seine Bahn im absoluten Weltenraume ist eine schraubenförmige, elliptisch gebogene und sich schließende, welche aus ungefähr 13 Schraubengängen (im Jahre) besteht, und deren gekrümmte Achse die elliptische Bahn der Erde (um die Sonne) ist, gleichsam als die Achse des elliptisch gebogenen Cylinders, auf dessen Oberfläche diese Schraubengänge liegen.

Auch mehrere der übrigen Planeten haben solche Monde, welche auch Satelliten oder Trabanten genannt werden; aber sie beschränken sich nicht auf einen einzigen, sondern haben deren mehrere, wie z. B. Jupiter deren 4, und Saturn deren 7 hat, während die Monde des Uranus, wegen der verhältnißmäßigen Kleinheit der Monde überhaupt, und wegen ihrer weiten Entfernung von der Erde, von uns schwer gesehen werden und daher in noch größerer Anzahl vorhanden sein können, als man deren bis jetzt entdeckt hat.

Die Mathematik hat sich der Anziehungskraft als Ursache der Bewegung der Planeten bemächtigt und einen neuen Theil der Astronomie geschaffen, welcher die „Mechanik des Himmels," auch die physische Astronomie genannt wird; schon Newton hat mit ihrer Hilfe aus der Art der Wirkung,

auf die Eigenschaft der Ursache zurückgeschlossen, und es ist dadurch mathematisch erwiesen, daß die Anziehungskraft eines Körpers auf einen anderen sehr viel kleiner wird, wenn derselbe von dem anderen weiter entfernt ist, und sehr viel größer wird, wenn die Körper einander näher rücken; und zwar verhalten sich die Größen der Anziehungen in den verschiedenen Entfernungen, wie umgekehrt die Quadrate dieser Entfernungen, d. h. wie die Brüche oder Quotienten, deren Zähler die Einheit und deren Nenner die Quadrate der jedesmaligen Entfernungen sind. — Ist daher ein anziehender Körper, von dem angezogenen, das erste Mal um 3 Meilen entfernt, das andere Mal aber um 10 Meilen, so verhält sich die Anziehungskraft des Körpers im ersteren Falle, zu derselben im anderen Falle, wie $\frac{1}{9}$ zu $\frac{1}{100}$, oder wie 100 zu 9, d. h. die Anziehungskraft ist im ersteren Falle mehr als 11 Mal so groß als im anderen Falle.

So sehen wir jetzt die beiden so wichtigen Gesetze der Anziehungskraft zu Tage gelegt; das eine, welches sich von selbst versteht, nämlich, daß in gleichen Entfernungen die zehnfache Stoffmenge auch zehnmal so stark zieht und welches wir so aussprechen, nämlich:

1) Die Anziehungskraft zweier Körper auf einen dritten, der von beiden gleich weit entfernt ist, verhält sich wie die Stoffmenge eines jeden dieser beiden Körper; und das andere:

2) Zwei Körper, die gleiche Stoffmengen haben, ziehen einen dritten an, im umgekehrten Verhältniß des Quadrats ihrer Entfernung von dem dritten.

Vermöge dieser Gesetze schließt die Mathematik aus den sichtbaren Wirkungen der Anziehung eines Weltkörpers auch auf dessen Stoffmenge zurück, und auf diesem Wege hat die „Mechanik des Himmels“ die Stoffmenge der Sonne, des Mondes und mehrerer Planeten ziemlich genau, die Stoffmenge der ganzen Erdkugel als Einheit gedacht, in Zahlen ausge-

drückt, — hält es aber für bequemer die Stoffmenge der Erde, des Mondes und der Planeten und Satelliten überhaupt, in die Stoffmenge der Sonne auszudrücken, letztere also dann als Einheit genommen. Es ist natürlich ein und dasselbe, ob man sagt: „die Stoffmenge der Sonne sei 400,000 mal so groß, als die der Erde;“ oder ob man sagt: „die Stoffmenge der Erde ist $\frac{1}{400000}$ von der Stoffmenge der Sonne.“ — So hat man gefunden, wenn die Stoffmenge der Sonne = 1 gesetzt wird,

die Stoffmenge des Merkurs = $\frac{1}{4865751}$
„ „ der Venus = $\frac{1}{401847}$
„ „ der Erde = $\frac{1}{354936}$
„ „ des Mars = $\frac{1}{2680337}$.

Die Stoffmenge der, der Entfernung von der Sonne nach nun folgenden 35 kleinen Planeten (Asteroiden) ist sehr klein und zur Zeit noch unbekannt.

Die Stoffmenge des Jupiters = $\frac{1}{1050}$
„ „ des Saturns = $\frac{1}{3501}$
„ „ des Uranus = $\frac{1}{17918}$
„ „ des Neptuns = $\frac{1}{14501}$,

wobei wir die Planeten in der Ordnung auf einander haben folgen lassen, daß jeder folgende von der Sonne weiter entfernt ist als der voranstehende. Nimmt man dagegen die Stoffmenge der Erde als Einheit, so ist die

der Sonne	das	354,936fache	von der Erde
des Merkurs	ungefähr das	$\frac{1}{14}$fache	
der Venus	„ „	$\frac{10}{11}$fache	
des Mars	„ „	$\frac{2}{15}$fache	
des Jupiters	„ „	338fache	
des Saturns	„ „	101fache	
des Uranus	„ „	19fache	
des Neptuns	„ „	$24\frac{1}{2}$fache	

Die Masse unseres Mondes ist dagegen nur das $\frac{1}{81}$fache von der der Erde.

Kommen wir aber noch einmal auf die beiden Gesetze der Anziehungskraft zurück. Wir ziehen daraus die Folgerung:

3) Will man die Anziehungskraft zweier Körper z. B. der Sonne und des Mondes, auf einen dritten, z. B. auf die Erde, mit einander vergleichen, welche beide verschiedene Stoffmengen haben, und welche auch beide von dem dritten, verschieden entfernt sind, so dividirt man die Masse (Stoffmenge) eines jeden von beiden, durch das Quadrat seiner Entfernung von dem dritten (also die Masse des Mondes durch das Quadrat seiner Entfernung von der Erde, und dann auch die Masse der Sonne durch das Quadrat ihrer Entfernung von derselben Erde); die so erhaltenen Brüche sind nun die Verhältnißzahlen für die Stärke der Anziehung, welche beide Körper auf den dritten (also der Mond und die Sonne auf die Erde) ausüben. — Hat in einem andern Beispiele der erste der anziehenden Körper die Masse von 8 Pfunden und ist er von dem angezogenen dritten Körper um 3 Fuße entfernt, — hat der zweite der anziehenden Körper die Masse von 60 Pfunden und ist er von dem angezogenen dritten Körper um 10 Fuße entfernt, — so verhält sich die Stärke der Anziehungskraft des ersten Körpers, zu der des anderen

wie $\frac{8}{3 \text{ mal } 3}$ zu $\frac{60}{10 \text{ mal } 10}$, d. h. wie $\frac{8}{9}$ zu $\frac{60}{100}$,

oder wie $\frac{8}{9}$ zu $\frac{3}{5}$; d. h. die erstere Kraft ist nahehin

$1\frac{1}{2}$ mal so groß wie die andere, obgleich die erstere Stoffmenge noch nicht der siebente Theil der anderen ist. — Oder das andere Beispiel: die Stoffmenge der Sonne ist ungefähr das 28,750,000fache von der des Mondes und ihre Entfernung von der Erde beträgt im Mittel ungefähr 21,000,000 Meilen, während die Entfernung des Mondes von der Erde nur etwa 51,000 Meilen beträgt; es verhält sich daher die Anziehung

der Sonne auf jedes der Stofftheilchen der Erde, zu der des Mondes auf dasselbe Stofftheilchen der Erde,

$$\text{wie } \frac{28750000}{21000000 \text{ mal } 21000000} \text{ zu } \frac{1}{51000 \text{ mal } 51000}$$

$$\text{oder wie } \frac{2875}{44100} \text{ zu } \frac{1}{2601}$$

oder ungefähr wie 170 zu 1; d. h. die Anziehungskraft der (Gesammt-) Sonne auf jedes Stofftheilchen der Erde, ist ungefähr 170mal so groß wie die Anziehung des (Gesammt-) Mondes auf dasselbe Stofftheilchen der Erde; obgleich die Sonne mehr als 28 Millionenmal so viele anziehende Theile enthält als der Mond; letzterer ist aber der Erde so viel näher.

Es ist durch die Mathematik gänzlich außer Zweifel gesetzt, daß jeder Körper, welcher eine (immer geradlinige) Geschwindigkeit hat, dabei aber stetig nach einem festen Punkte hin im umgekehrten Verhältniß des Quadrats seiner jedesmaligen Entfernung von diesem festen Punkte, angezogen wird, nothwendig in einem Kegelschnitt, d. h. in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel, um den festen Punkt sich bewegen müsse, und daß es von der Anfangs-Geschwindigkeit und der Anfangs-Entfernung (des Körpers von dem festen Punkte) allein abhängt, welche dieser 3 krummen Linien beschrieben werde. — Wirft man auf der Erdoberfläche einen Ball, einen Stein oder eine Kanonenkugel irgend wie aus (natürlich geradlinig, da es keine krummlinige Geschwindigkeit giebt), so wird der ausgeworfene Körper stetig nach dem Mittelpunkte der Erde hingezogen und er beschreibt Parabeln. — Würde man aber einer Kanonenkugel eine hinreichend große (Anfangs-) Geschwindigkeit geben können, so würde sie (wenn die hindernde Atmosphäre nicht wäre) in einer Ellipse die Erde ewig umkreisen.

Vierte Vorlesung.

Weitere Folgen der Anziehungskraft. Fluth und Ebbe. Nothwendige Gestalt der tropfbar flüssigen Körper. Bildung fester Körper.

Verfolgen wir die Wirkungen der Anziehungskraft weiter, so finden wir noch mehrere der interessantesten Resultate. So ist sie offenbar die Ursache derjenigen, regelmäßig sich wiederholenden Bewegung der Meere, welche wir Ebbe und Fluth nennen. Diejenige Hälfte der Erdkugel (und somit auch der, auf dieser Hälfte befindliche Theil des Meeres), welche dem Monde zugewandt ist, wird auf ihrer Oberfläche ebenfalls vom Monde angezogen; die Gewässer können nach dieser Richtung hin, wegen des geringen Zusammenhaltes ihrer Theilchen, dieser Anziehung noch in etwas mehr Folge leisten; es erhebt sich also nach dem Monde hin ein Wasserberg oder doch ein Wasserhügel, und das Wasser würde in dieser Lage im Gleichgewicht bleiben, wenn dieselbe Hälfte der Erdkugel stets dem Monde zugekehrt bliebe; weil aber die Erde sich täglich einmal ganz herumdreht, von Westen nach Osten, so werden immer neue westlicher gelegene Theile des Meeres in die Höhe gezogen und die östlich gelegenen Wasserhöhen fließen wieder (nach den Gesetzen der Schwere) ab, sobald sie sich vom Monde wegdrehen, weil dann die Richtung der anziehenden Kraft nicht mehr in der Verlängerung des Erdhalbmessers sich befindet. — Gleichzeitig entsteht auf der dem Monde abgekehrten Seite der Erde ein ähnlicher Wasserberg, dadurch, daß die Gewässer daselbst in der Richtung nach dem Monde zu (hinter dem Erd-Kern) zurückbleiben. Diese beiden Wasserberge ziehen nun in 24 Stunden einmal um die Erde herum, so daß alle 12 Stunden bald der eine, bald der andere an einem gegebenen Orte anlangt. Bei dem Wiederabfließen der Gewässer entsteht aber an den Ufern nothwendig das, was

man die Fluth nennt, während bei der Bildung des Wasserberges, an den Ufern die Erscheinung eintreten muß, welche die Ebbe genannt wird. Dieselbe Erscheinung muß auch die Sonne täglich bewirken. Obgleich aber die Anziehungskraft der Sonne auf jedes Stofftheilchen der Erde, wie wir in der vorhergehenden Vorlesung gesehen haben, ungefähr das 170fache von derjenigen des Mondes auf dieselben Theilchen der Erde ist, und obgleich daraus, bei einer oberflächlichen Ansicht des Gegenstandes, hervorzugehen scheint, daß die Sonne auch eine 170mal so hohe Fluth erzeugen müsse als der Mond, — so zeigt doch die Mathematik durch die unwiderleglichste allgemeine Rechnung, d. h. durch ein organisirtes System von Schlüssen, daß die von der Sonne bewirkte Fluth noch nicht der vierte Theil sein könne von der durch den Mond hervorgebrachten. Der Grund dieses Ergebnisses liegt darin, daß die Höhe der Fluth ein Resultat entgegengesetzter Anziehungen ist, so daß diese vom Mond und von der Sonne hervorgebrachten Fluthhöhen zwar nach dem Verhältniß der Stoffmengen des Mondes und der Sonne sich richten, aber im umgekehrten Verhältniß des Würfels ihrer Entfernungen von der Erde stehen. —

Die beiden Wirkungen des Mondes und der Sonne können einander entgegen arbeiten, aber auch in einem und demselben Sinne, nach dem jedesmaligen Stande von Sonne und Mond gegen die Erde. Wirken beide Anziehungen in einer und derselben Richtung, so entstehen natürlich etwas größere Fluthen; bei gerade entgegengesetzten Richtungen die kleinsten. Heftige Stürme, welche von der See aus nach dem Ufer zu gehen, verwandeln die gewöhnliche Fluth in eine sogenannte Springfluth.

Die Wirkungen der Anziehungskraft zeigen sich auch in der Gestaltung eines flüssigen Körpers. War z. B. unsere Erde zu irgend einer Zeit im durchaus geschmolzenen und daher flüssigen Zustande, so mußte sie, sich selbst überlassen, nothwendig

eine Kugelgestalt annehmen, aus demselben Grunde, aus welchem, wie in einer früheren Vorlesung gezeigt worden ist, auch jetzt noch alle Punkte der Oberfläche der Meere gleich hoch liegen, d. h. von dem Mittelpunkt der Erde gleich weit entfernt sein müssen. So lange der im durchaus flüssigen Zustande befindliche Weltkörper die Kugelgestalt noch nicht erreicht hat und beliebig viele Stücken rings herum noch über eine mögliche Kugeloberfläche herausragen, — so lange müssen diese Theile, von dem inneren Kern angezogen, rings herum von den höheren Stellen nach den tieferen abfließen, bis alle Stellen der Oberfläche des Körpers rings herum gleich hoch sind, d. h. bis die Kugeloberfläche erreicht ist. — Wenn alle Weltkörper an den Enden der Achse, um welche sie sich drehen, d. h. an ihren Polen, eingedrückt (abgeplattet) oder vielmehr in der Mitte zwischen diesen beiden Polen rings herum etwas herausgezogen sind, so muß dieß als eine nothwendige Folge der großen Geschwindigkeit erkannt werden, mit welcher diese Drehung um die Achse erfolgt und welche für die mittleren, am Aequator, d. h. in der Mitte zwischen den beiden Polen, gelegenen Theile der Oberfläche, da sie in derselben Zeit den größesten Weg zu machen haben, auch die größeste sein und auf beiden Seiten nach den Polen hin, abnehmen muß. Denn, da jede Bewegung irgend eines Stofftheiles immer geradlinig bleiben muß, so lange nicht neue Kräfte hinzutreten, so will sich jedes Theilchen des Weltkörpers vermöge seiner Umdrehungs-Geschwindigkeit um die Achse, in jedem Augenblicke geradlinig fortbewegen, statt sich zu drehen; es will sich also (zur Seite) von der Drehachse entfernen und wird nur durch die Anziehung an dem Körper festgehalten; wegen der Flüssigkeit des Körpers geben aber die angrenzenden Theilchen etwas nach und so entfernen sie sich wenigstens etwas von der (Dreh-)Achse und zwar da am meisten, wo die Geschwindigkeit der Umdrehung am größesten ist, also von der Mitte der Oberfläche zwischen den beiden Polen (d. h. vom

Aequator) auf beiden Seiten nach den Polen hin, immer weniger, so daß zuletzt der ganze Körper an beiden Polen eingedrückt erscheint. Für unsere Erde beträgt diese Abplattung nach den neuesten Bestimmungen $\frac{1}{300}$. — Es ist genau berechnet, daß, wenn die Erde in derselben Zeit, welche sie jetzt zu einer Umdrehung braucht, 17 Umdrehungen um ihre Achse machte, dieses Streben der Theilchen (zunächst der Oberfläche) sich von der Erdachse zu entfernen, am Aequator der Anziehungskraft genau gleich sein würde, welche der gesammte Erdkörper auf sie ausübt; so daß also, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde noch größer wäre, als das 17fache der jetzigen, die in der Gegend des Aequators gelegenen Theile der Erdoberfläche rings herum sich abreißen und von der Erde entfernen würden. — So erklärt sich das Dasein des (4 bis 5schichtigen) Ringes des Saturn's.

Umgekehrt läßt die Kugelgestalt aller Planeten und ihrer Monde schließen, daß sie alle (und natürlich auch unsere Erde) zu irgend einer Zeit einmal flüssig gewesen sein müssen; und andere Gründe, von denen wir später sprechen werden, machen es (wenigstens für die Erde) so gut als gewiß, daß dieser flüssige Zustand einer vorhandenen hinreichend großen Hitze zugeschrieben werden muß, welche jeden Stoff in geschmolzenem Zustand (oder in Dampfform) erhielt.

Wir machen endlich noch auf zwei Dinge aufmerksam, welche aus dem merkwürdigen zweiten Gesetz der Anziehungskraft hervorgehen. Steht nämlich der nächste Fixstern mindestens 200,000 Mal so weit von uns ab, wie die Sonne von uns absteht, so ist, wenn er auch dieselbe Stoffmenge hat wie die Sonne, die Wirkung seiner Anziehungskraft auf die Erde doch nur der $\frac{1}{40000000000}$ Theil der Wirkung der Anziehungskraft der Sonne auf dieselbe Erde; und so erklärt es sich, warum die große Anzahl der Fixsterne, und die ungeheuren Stoffmengen, welche sie enthalten mögen, doch auf die

Bewegung unserer Planeten um unsere Sonne, keinen merklichen Einfluß ausüben. Dagegen wird die Einwirkung der Anziehungskraft der Planeten auf einander, obgleich ihre Stoffmengen, gegen die ungeheure Stoffmenge der Sonne gehalten, nur gering ist, doch dann merkbar, wenn bei dem Umkreisen derselben um die Sonne, irgend zwei einander näher kommen. Jeder dieser beiden Planeten wird dann etwas, wenn auch nur wenig, aus seiner elliptischen Bahn abgelenkt und diese kleinen Abweichungen werden die Störungen genannt, welche der Planet erleidet.

Auf der anderen Seite kann aber die Anziehungskraft nach dem zweiten Gesetze auch, verhältnißmäßig, ungemein groß werden, sobald die sich anziehenden Stofftheilchen einander sehr nahe rücken. Wenn z. B. die Anziehungskraft zwischen zwei Stofftheilchen, die einen Fuß von einander entfernt sind, noch immer unendlich klein ist, so wird sie doch nach dem zweiten Gesetze das millionenfache derselben, sobald sie auf $\frac{1}{1000}$ Fuß einander nahe gerückt sind, und wird das Millionen mal Millionen (Billionen) fache derselben, sobald sie nur den Millionten Theil eines Fußes von einander abliegen. Berühren sich endlich die beiden Stofftheilchen, so werden sie sich gegenseitig mit dem fast*) unendlich vielfachen der ersteren Kraft anziehen, d. h. mit einer endlichen Kraft und daher so an einander haften können, daß dieselbe endliche Kraft wieder nöthig ist, um sie wieder von einander zu trennen; und so kann der Zusammenhalt (die Cohäsion) der Theilchen eines festen Körpers als ein bloßes Resultat der Anziehungskraft angesehen werden, ohne daß wir damit ausschließen wollen, daß bei dem Berühren oder selbst schon bei großer Annäherung der Stofftheilchen,

*) Man mag dabei nicht übersehen, daß die Entfernungen von der Mitte der Stofftheilchen aus genommen werden müssen, so daß sie nicht Null ist, obgleich sich die Stofftheilchen berühren.

in denselben noch andere Kräfte erregt werden können, welche den Zusammenhalt (die Cohäsion) vermehren oder (wie bei den flüssigen Körpern) vermindern; — Kräfte, von denen wir zur Zeit noch nicht gesprochen haben.

Die Ströme führen täglich viele Millionen Kubikfuß Sand und Erde in die Meere ab, und große Regenmassen, Schneewasser, die bewegten Meere selbst, spülen noch von den Küsten eine große Menge desselben Materials weg; diese großen Mengen Sand und Erde werden von dem bewegten Meere noch eine Zeit lang schwebend erhalten und fortgeführt, gelangen aber doch endlich auf den Meeresgrund; da dieses Treiben unablässig fortgesetzt wird, so legen sich auf dem Meeresgrund nach und nach dünne Schichten übereinander; und da das Gewicht des darüber stehenden Wassers, von welchem jeder rheinische Kubikfuß 66 Berliner Pfunde wiegt, diese Schichten sehr stark gegen einander drückt, also diese einzelnen Stofftheilchen so nahe an einander bringt, als es ihre ursprüngliche Gestalt nur immer verstattet, so werden sie wiederum einen festen Körper bilden können, welcher fester oder weniger fest sein wird, je nachdem noch andere Umstände die Festigkeit begünstigen oder stören.

So entstehen also aus dem verwitterten, zerbröckelten und in die kleinsten Theile zerriebenen Gestein, auf dem Meeresgrunde nach und nach wiederum große Massen von geschichtetem Gestein. Und wenn sich in die Zwischenräume, welche die sich berührenden Körner des einen Materials lassen, sehr feine Theile eines andern Materials einschieben, z. B. zwischen Sandkörner (Kieselerde) noch ganz feine Thontheile, — so daß alle vorhandenen Theile noch viel inniger sich berühren, so wird der Stein ein noch festerer werden, so wie er weniger Festigkeit bekommen muß, wenn dieses Bindemittel fehlt, oder wenn die Theilchen mit einem geringeren Druck gegen einander gepreßt werden. — Wo wir daher auf der Erdoberfläche solche geschichtete Felsenmassen vorfinden, da kann man mit Sicherheit annehmen, daß

sie im Meeresgrunde entstanden, nachher aber durch unterirdische Kräfte in die Höhe gehoben worden sind, so daß das über ihnen befindliche Meer nach den tiefer liegen gebliebenen Stellen abfließen mußte; eine Ansicht, welche sich in einer späteren Vorlesung noch mehr wird begründen lassen, vorläufig aber dadurch auch schon neue Bestätigung findet, daß in diesem geschichteten Gestein Muscheln aller Art und sogenannte Versteinerungen (Petrefakten) d. h. mit ehemals flüssigem Gestein ausgefüllte Abdrücke von Thieren und Pflanzen finden, die nur im Meere leben konnten.

Fünfte Vorlesung.

Entferntere Folgen der Anziehungskraft. Wasserdruck; Quellen; artesische Brunnen; Erdbrüche.

Als Folge der Anziehungskraft haben wir bereits früher die Nothwendigkeit erkannt, daß zusammenhängendes Wasser überall gleich hoch stehen muß, d. h. daß alle Punkte seiner Oberfläche vom Mittelpunkt der Erde gleich weit entfernt sind. — Die Oberfläche eines jeden stehenden, ruhigen Wassers bildet daher stets und überall auf der Erde, ein Stück von einer Kugeloberfläche, und dieß gilt sowohl von den Oceanen und Meeren, wie von Seen, Teichen, Pfützen und von dem Wasser in einer Regentonne oder in einem Waschbecken. Bei Oberflächen, die klein sind, selbst wenn sie $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Meile Durchmesser haben, sind diese Stücken der Kugeloberflächen nahe hin waagerechte Ebenen, weil der Halbmesser der Erdkugel 860 Meilen hat, ein Querschnitt von einer Viertelmeile also weniger noch als den 20,000sten Theil des ganzen Umfanges des Kreises beträgt und deshalb von der geraden Linie nur äußerst wenig abweichen kann.

Das Wasser steht also in der Gießkanne des Gärtners und in deren, (gewöhnlich nahe am Boden heraustretenden) Gießröhre ebenfalls gleich hoch, so wie in allen ähnlichen mit einander in Verbindung stehenden (communicirenden) Röhren; und hätte die Gießkanne mehrere solche, engere oder weitere Gießröhren, so würde das Wasser in allen gleich hoch stehen und so hoch als in der Mitte.

Auf den Höhen der Gebirge sammelt sich das Regen- und Schneewasser in natürlichen, bald größeren, bald kleineren Vertiefungen; man findet auf den Höhen zuweilen bedeutende Teiche; der Erdboden ist oft lose, oft, wie auf dem Isergebirge in Schlesien, bis tief hinein, mit Torfwurzeln durchzogen und dann geeignet, viel Wasser in sich aufzunehmen; das Wasser frißt sich dann engere oder weitere Gänge (Wasseradern) in der Erde, geht so weiter und weiter und kommt früher oder später zur Seite als Quelle heraus; zuweilen aber gehen diese Wasseradern im Innern der Erde immer tiefer herab, oft mehrere Tausend Fuß tief, und so sammelt sich das Wasser in verschiedener Tiefe an, theils im Gestein, vorzüglich aber zwischen den, häufig schief liegenden Thonschichten. Ist dann das umgebende Gestein oder die umgebende Erde (Thon) nicht geeignet dem Wasser den weiteren Ausweg zu gestatten, so füllen sich diese Räume vollkommen voll, während die, von dem Wasser gebildeten Wege dahin, ebenfalls ganz angefüllt sind, bis zu den höchsten Höhen auf denjenigen Bergen, von denen das Wasser hergekommen ist; eine und dieselbe mit Wasser angefüllte Höhle kann auch mit mehreren solcher Wasseradern in Verbindung stehen. Wird nun gerade über einer solchen angefüllten Höhle, von der Oberfläche der Erde aus, ein Loch gebohrt, welches früher oder später, bei 100 Fuß oder bei 2000 Fuß Tiefe, endlich irgendwo das Wasser erreicht, so muß sogleich das Wasser in dieser neuen Röhre ebenso hoch steigen, als es in der Wasserader schon steht; und das Wasser wird daher aus der Mün-

dung des Bohrloches noch mit einer Geschwindigkeit heraus, und in die Höhe getrieben, sobald diese Mündung noch niedriger steht als das obere Ende der Wasserader; — das Wasser wird gerade bis an die Mündung des Bohrloches treten, wenn dieselbe gerade so hoch liegt als das obere Ende der gedachten und in der Regel oder allemal, ganz ungekannten Wasserader; das Wasser wird endlich nicht bis ganz an die Mündung des Bohrloches treten und vollends mittelst eines Pumpwerkes herausgeschafft werden müssen, wenn die Mündung des Bohrloches noch höher liegen sollte, als das obere Ende der gedachten Wasserader. — So erklären sich die Ereignisse bei den sogenannten artesischen Brunnen aus der Wirkung der Anziehungskraft des ganzen Erdkörpers.

Damit aber das Wasser in dem Bohrloche in die Höhe steige und, wenn es gestiegen ist, auf der Höhe erhalten werde, ist nothwendig nach oben zu eine Kraft vorhanden gewesen, welche dem Gewichte der ganzen Wassersäule gleich ist, die jetzt getragen wird, — eine Kraft, mit welcher diese Wassersäule selbst in die Höhe gehoben worden ist; und wäre das Bohrloch in seinem Querschnitt 100 Mal größer gewesen, so würde auch 100 Mal so viel Wasser in die Höhe gegangen sein und in dieser Höhe erhalten, folglich getragen werden. Die ganze Decke einer mit Wasser gefüllten Höhle, wie groß sie auch sein mag, wird also von unten nach oben mittelst des wenigen Wassers in der vielleicht einzigen Wasserader, durch welche die Höhle sich ganz angefüllt hat, mit einer Kraft gedrückt, welche dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, deren Grundfläche der gesammte Flächeninhalt der (horizontal gedachten) Decke der Höhle ist, und welche eine Höhe hat, die dem scheitelrechten (vertikalen) Abstand der Decke der Höhle, von dem oberen Ende der Wasserader gleich ist. — Dieser Druck, von unten nach oben, durch eine verhältnißmäßig geringe Wassermenge hervorgebracht, kann ungeheuer groß werden, wenn man bedenkt

daß ein rhein. Kubikfuß Wasser 66 Berliner Pfund wiegt, und daß also jeder einzelne Quadratfuß der Decke der Höhle, von unten nach oben, mit 66,000 Pfunden gedrückt wird, sobald die Wasserader an ihrer oberen Mündung nur 1000 Fuß höher liegt als die gedachte Decke. Ist daher der Erdboden über der Decke der Höhle nicht dick und nicht fest genug, so kann es sich treffen, daß dieser gewaltige Druck (von unten nach oben), obgleich er nur von einer verhältnißmäßig geringen Menge Wassers hervorgebracht ist, die Decke der Höhle sprengt, die Erde darüber in die Höhe wirft und daß ein See, in welchem die aufgeworfene Erde hineingestürzt ist, plötzlich an der Stelle zu sehen ist, wo man kurz vorher eine üppige Flur mit behaglichen Wohnungen gesehen hat. So entstehen die Erdbrüche.

Auf dieselbe Weise kann der Deckel einer Cisterne oder einer Regentonne, wenn er gut schließt, sobald sie ganz angefüllt ist und die Röhre, welche sie mit der Dachrinne in Verbindung setzt, ebenfalls voller und voller wird, — zersprengt werden; hat er nämlich 8 Quadratfuß Fläche, und steht er von dem Wasserspiegel in der Leitungsröhre, um 30 Fuß ab, so ist der Druck auf ihn, von unten nach oben, 8 mal 30 mal 66 d. h. 15,840 Pfund.

Wir sehen endlich zu gleicher Zeit, wie Quellen auch aus der Tiefe in die Höhe kommen und wie andere zur Seite einer Erhöhung mit einer oft großen Geschwindigkeit heraustreten können. Denn nicht blos der Deckel eines mit Wasser gefüllten Gefäßes erleidet unter den gemachten Voraussetzungen einen Druck von Innen nach Außen, sondern auch jedes Stückchen der Seitenwände, ebenfalls von innen nach außen und senkrecht gegen das gedrückte Stück, weil ein schiefer Druck gegen irgend eine Fläche, ein Abgleiten des Wassers an dieser Fläche, folglich eine Bewegung des Wassers zur Folge haben würde, welche doch nicht statt findet; und zwar ist der Druck auf jedes Stück Fläche des Bodens, der

Seitenwände, wie des Deckels (jedes Mal von innen nach außen und senkrecht auf das gedrückte Stück) allemal dem Gewichte einer Wassersäule gleich, welche das gedrückte Stück zur Grundfläche, und den vertikalen Abstand eines bestimmten mittleren seiner Punkte von dem höchsten Wasserspiegel des zusammenhängenden Wassers, zur Höhe hat. — Dies gilt natürlich auch für jede mit Wasser gefüllte Tonne, wie für eine mit Wasser gefüllte Schleuse und für jedes mit Wasser gefüllte Gefäß, auch wenn keine in Verbindung stehende Röhre vorhanden ist; so werden also auch die Ufer eines Flusses, wie eines Seees, soweit sie vom Wasser benetzt sind, bis zu dem Bette oder Grund hin, von innen nach außen, und zwar je tiefer, desto stärker gedrückt, das Wasser selbst wird mittelst dieses Druckes durch den Sand oder anderen lockeren Boden in ganz dünnen Adern zur Seite weiter geschoben und steigt, soviel die Beschaffenheit des Bodens es ihm erlaubt, auf beiden Seiten des Flusses oder rings um den See, in geringerer und größerer Entfernung, auch in die Höhe. — Schwillt dann der Fluß an, so daß sein Wasserspiegel hoch genug wird, so kann auf beiden Seiten des Flusses, in geringerer oder größerer Entfernung von demselben, an den tiefer gelegenen Stellen des Erdbodens das Wasser über die Oberfläche des Bodens heraustreten, und so kann eine größere oder geringere Fläche mit Wasser bedeckt werden, ohne daß der Fluß selbst irgendwo über seine Ufer getreten wäre. So entsteht das Grundwasser. — Auf dieselbe Weise füllen sich oft gleichzeitig zur großen Beschwerde der Einwohner, die Kellerräume der herumliegenden Häuser.

Bohrt man eine mit Flüssigkeit gefüllte Tonne nach unten zugehend, zur Seite an, oder macht man in einem Schleusenthore unterhalb des Wasserspiegels mittelst Aufziehens eines Schiebers eine Oeffnung, so stürzt sich die Flüssigkeit durch die gemachte Oeffnung mit einer horizontalen Geschwindigkeit heraus, welche desto größer ist, je tiefer die Oeffnung

unterhalb des Spiegels der Flüssigkeit liegt, eben weil der Seitendruck auf ein tiefer gelegenes Stück stets ein größerer wird; die Flüssigkeit selbst beschreibt dann, aus demselben Grunde wie die Planeten, eine krumme Linie, weil sie außer dieser endlichen Anfangsgeschwindigkeit noch fortwährend von der unendlich kleinen Schwere nach dem Mittelpunkte der Erde hin getrieben wird; es ist dies dieselbe krumme Linie, welche auch ein Stein oder ein Ball beschreibt, wenn man ihm durch Werfen in irgend einer Seitenrichtung eine Anfangsgeschwindigkeit (welche nie anders als geradlinig sein kann) giebt.

So unangenehm die Folgen dieses Wasserdruckes dem Menschen werden können, wenn derselbe Erdbrüche, das Sprengen der Regentonnen, das Anfüllen der Kellerräume mit Wasser, oder auch das in die Höhe heben dicker Eisdecken mit den daran festgefrorenen Brücken u. dgl. veranlaßt, — so weiß doch auch der Mensch sich denselben wohl zu Nutze zu machen, und zwar nicht blos durch Bohren artesischer Brunnen allein. Er legt Springbrunnen an, womit er die Gärten seiner Landhäuser schmückt, indem er von der Höhe herunterfließendes Wasser, selbst wenn es unsichtbar in Wasseradern herunter käme, unten in künstlichen Röhren, die rings herum verschlossen sind, bis an die bestimmte Stelle hinleitet, dann aber durch eine horizontale Oeffnung wieder (nahe) so viel in die Höhe steigen läßt, als die Höhe beträgt, von welcher das Wasser herunterkommt. In dem Garten seiner Stadtwohnung, wo ihm vielleicht solches, von der Höhe kommendes Wasser nicht zu Gebote steht, läßt er ein Wasserbehältniß auf dem Dache, täglich mit Wasser anfüllen, aus demselben aber eine geschlossene Röhre bis an die Stelle herunterleiten, wo er seinen Springbrunnen haben will. — Es giebt aber auch Springbrunnen, welche durch künstlichen Druck im Gange erhalten werden und welche nicht hieher gehören.

Eine der wichtigsten Anwendungen der Eigenschaft des

Wassers, überall gleich hoch stehen zu wollen, ist die hydraulische Presse, durch welche mittelst einer geringen Kraft ein ungeheurer Druck z. B. zum Oelpressen, hervorgebracht wird. Die Möglichkeit davon mag hier durch die nachstehende Betrachtung anschaulich gemacht werden. Man denke sich nämlich die Gießkanne eines Gärtners oben mit einem Deckel, der einen Quadratfuß Flächenraum enthalten mag, ganz fest verschlossen; die Gießröhre aber, deren Querschnitt $\frac{1}{100}$ eines Quadratfußes groß sein mag, so weit in die Höhe verlängert, daß ihre obere Mündung 20 Fuß höher liegt, als der Deckel der Kanne, — das Ganze aber bis an die oberste Mündung der Röhre mit Wasser angefüllt; — so erleidet der Deckel von unten nach oben einen Druck, welcher dem Gewichte von 20 Kubikfußen Wasser gleichkommt, also einen Druck von 20 mal 66 d. h. von 1320 Pfunden. Dieser große Druck rührt von der kleinen Wassermenge her, welche in der engen Gießröhre in der Höhe von 20 Fußen über dem Deckel, sich befindet und welche den Querschnitt von $\frac{1}{100}$ Quadratfuß hat, daher nur $\frac{1}{5}$ Kubikfuß beträgt und nicht viel über 13 Pfund wiegt. Nimmt man daher diese geringe Wassermenge in der Röhre wieder weg, so daß das Wasser auch in der Röhre blos so hoch noch steht, wie in der Gießkanne, nämlich bis zu dem Deckel derselben; bringt man dann in die Röhre einen, sie ausfüllenden, kein Wasser durchlassenden Stempel (Kolben), drückt man denselben gegen das Wasser mit einer Kraft, welche dem Gewicht des aus der Röhre genommenen Wassers gleich kommt, also mit etwas über 13 Pfund, so wird natürlich die Wirkung des weggenommenen Wassers durch diesen Druck ersetzt sein und der Deckel der Gießkanne wird von unten nach oben noch immer denselben großen Druck von 1320 Pfund erleiden. Denkt man sich nun die Wände der Gießkanne nach oben verlängert, den festen Deckel herausgenommen und dafür einen schließenden Cylinder eingebracht, auf selbigen das zu pressende gesetzt und darüber

einen unbeweglichen Querbalken, so wird die Pressung erfolgen. Es bewirkt also mittelst solcher oder einer ähnlichen Vorrichtung, eine Kraft von 13 Pfunden eine Pressung von 100fachem Betrag, nämlich von 1300 Pfunden.

Spannt man über den oberen Rand der, oben jetzt ganz offen gedachten Gießkanne, während die Gießröhe wiederum nach oben verlängert gedacht ist, eine Blase, so wird ein wenig in der Gießröhre höher stehendes Wasser bewirken, daß die Blase nach oben zu durch den Druck des steigenden Wassers gewölbt und nach Belieben ausgespannt wird; sie bietet dann dem scharfen Secirmesser des Anatomen die größte Bequemlichkeit zum Ablösen der vielen einzelnen, ungemein dünnen Häute, aus denen sie zusammengesetzt sich findet; dies ist dann der anatomische Heber.

So kann man den rings herum verschlossenen Kanal einer Wasserleitung nach der Beschaffenheit des Bodens bald abwärts gehen, bald horizontal fortlaufen, bald wieder nach Belieben steigen lassen; das Wasser wird stets mit steigen, so bald nur die Stelle, woher das Wasser bezogen wird, noch höher liegt, als die höchste Höhe der Wasserleitung.

Bei dem durch Wasser zu bewirkenden Druck kommt es sehr zu Statten, daß das Wasser sich fast gar nicht (d. h. nur äußerst wenig) zusammendrücken läßt, daß daher jeder Druck auf irgend eine Stelle seiner Oberfläche sich augenblicklich durch dasselbe fortpflanzt und jedes Theilchen der ganzen Umfassungswand augenblicklich seinen Antheil an dem Drucke bekommt.

Zum Schlusse wollen wir auch noch bemerken, daß es Fälle giebt, wo in zusammenhängenden Röhren das Wasser in der einen etwas höher steigt als in der andern, nämlich in einer außerordentlich engen Röhre, in sogenannten Haarröhren. Schon in einer weiteren Röhre kann man sehen, wie das Wasser rings herum an der Wand der Röhre ein klein wenig höher steht, als die übrige Oberfläche des Wassers. Es bewirkt dies die Anziehung der Wand in der nächsten Nähe

des Wassers. Wird nun die Röhre so eng, daß ihr Halbmesser weniger beträgt als die Dicke dieser kleinen Wand-Erhöhung, so steht das Ganze etwas höher. — Der höhere Wasserstand in einem solchen Haarröhrchen ist umgekehrt mit dem Durchmesser des Röhrchens proportional, d. h. er ist z. B. dreimal höher als in einer andern, wenn der Durchmesser des Haarröhrchens nur den dritten Theil so groß ist als in dem andern.

Nach diesem Gesetz der Haarröhrchen steigt, wenn man ein Stück ungeleimtes Papier zur Hälfte in Wasser taucht, das Wasser sogleich in die andere Hälfte etwas hinauf, und sogar viel; denn im Innern des Papiers befinden sich die Zwischenräume, welche so eng sind, daß sie solche Haarröhrchen bilden. Geleimtes (Schreib-)Papier thut solches nicht, weil der Leim diese Röhrchen ausgefüllt hat. Dagegen wird man dasselbe bei vielen anderen Körpern finden, z. B. Schwamm u. dgl., welche feine zusammenhängende Zwischenräume haben, die dann solche Haarröhrchen bilden, in denen die Flüssigkeit höher steigt, in welche die Körper bis zu einer bestimmten Stelle eingetaucht werden. Man kann es auch wahrnehmen, wenn man ein Stück Zucker zur Hälfte in Wasser eintaucht.

Dieses „Gesetz der Haarröhrchen" wird der Grund mancher auffallenden Erscheinung auf die wir vielleicht in der Folge noch geführt werden dürften.

Sechste Vorlesung.

Der Luftdruck, eine nothwendige Folge der Anziehungskraft. Der Barometer.

Während das Wasser sich äußerst wenig nur, d. h. so gut wie gar nicht zusammendrücken läßt, hat die uns umgebende Luft, welche wir auch die atmosphärische Luft nennen,

sowie auch jede andere Luftart (Gas), ebenso wie auch jeder Dampf, die entgegengesetzte Eigenschaft. Die Luft läßt sich nämlich sehr bedeutend zusammendrücken und ist dabei in hohem Grade elastisch d. h sie strebt, wenn sie zusammengedrückt ist, mit derselben Kraft, welche sie zusammengedrückt erhält, wieder in ihren alten, größeren Raum zurückzukehren; sie drückt also mit derselben Kraft gegen alles was sie umgiebt und was sie in diesem zusammengedrückten Zustande erhält. — Die Luft gehört zu den Stoffen, die sich im flüssigen Zustande befinden; sie ist aber nicht tropfbar flüssig wie Wasser, Quecksilber, geschmolzene Metalle oder geschmolzene Steine und Erden; d. h. ihre kleinsten Theilchen werden durch eine, ihnen innewohnende Kraft, von der wir in einer der nächsten Vorlesungen sprechen werden, dergestalt auseinander gehalten, daß die Anziehungskraft ihrer Stofftheilchen diese letzteren, zwar noch in einem stetigen Ganzen (Continuum) zusammenhält, aber nicht vermag kleinere Stückchen, wenn sie von dem Ganzen abgetrennt werden, sogleich wieder in eine Kugelform zu vereinigen, d. h. Tropfen zu bilden. — Die Luft ist ein ungemein lockerer Körper und während ein rhein. Kubikfuß Wasser 66 (Berliner) Pfund wiegt, wiegt ein Kubikfuß unserer atmosphärischen Luft nur den 770sten Theil davon, also nur 2⅗ Loth. — Wasserstoffgas ist noch lockerer oder wie man sagt, noch leichter, weshalb ein damit gefüllter Ballon in der atmosphärischen Luft in die Höhe steigt; vom kohlensauren Gas wiegt dagegen ein Kubikfuß mehr als von der atmosphärischen Luft, weshalb das erstere in letzterer nach unten sinkt, wie von der Hundegrotte zu Pozzuoli, von der Dunsthöhle bei Pyrmont, und von noch vielen anderen Orten bekannt ist, wo das tödtliche Gas wohl dem Hunde das Leben kostet, aber nicht seinem Herrn, welcher mit seinen Athmungswerkzeugen über die tödtliche Atmosphäre hinausragt. — Man wiegt die atmosphärische Luft dadurch, daß man ein Gefäß wiegt, aus welchem alle Luft möglichst herausgepumpt und

dessen Rauminhalt bekannt ist; nachher aber den Hahn öffnet, die zu wiegende Luft hineintreten läßt und dann dasselbe noch einmal wiegt; der Ueberschuß des letzteren Gewichts über das erstere, ist das Gewicht der jetzt in dem Gefäß enthaltenen Luft.

Daß sich die Luft sehr zusammendrücken läßt und dadurch ihre Elastizität oder vielmehr die Wirkung derselben, sehr vermehrt wird, beweisen unsere Windbüchsen; sie schießen die Kugel sicher an ihr Ziel, und diese Sicherheit läßt immer mehr nach, je mehr Schüsse hinter einander gethan werden, ohne daß man in die Windkammer auf's Neue mehr Luft hineinpreßt, — je mehr Luft also aus der Windkammer bereits herausgetreten ist, d. h. je weniger zusammengepreßt sich die Luft in der Windkammer befindet, welche immer zu ihrem alten Zustand zurückkehren will, deshalb die Windkammer stets wieder ausfüllt.

Aber auch alle Luft, welche uns, die wir uns zunächst auf der Erdoberfläche befinden, umgiebt, ist bereits eine stark zusammengedrückte; und zwar zusammengedrückt durch das Gewicht sämmtlicher darüber liegender Luft. Die Luft als ein flüssiger Körper umgiebt nämlich den ganzen Erdball in einer Kugelschicht, welche ringsherum vielleicht 2 Meilen, vielleicht 10 Meilen Dicke hat, vielleicht auch noch mehr; denken wir uns diese Schicht in sehr viele Kugelschichten zertheilt, die alle gleiche und geringe Dicke haben, so ist jede dieser letzteren durch das Gesammtgewicht aller über ihr liegenden Luftschichten zusammengedrückt, daher desto weniger, je höher sie selbst schon liegt. Jede dieser Luftschichten nimmt daher bereits einen kleineren Raum ein, als der ist, den sie einnehmen würde, wenn sämmtliche über ihr liegenden Luftschichten weggenommen würden; ein Kubikfuß Luft aus diesen verschiedenen Luftschichten genommen, wiegt daher desto weniger, je höher die Luftschicht liegt, aus welcher er genommen ist; das oben angeführte Gewicht von 2¾ Lothen (für 1 Kubikfuß Luft) gilt daher nur für die Luft in den untersten Luftschichten, wo die Luft durch das Gewicht sämmtlicher

darüber liegender Luftschichten, daher am meisten zusammengedrückt ist, wo also in einem Kubikfuß viel mehr Stofftheilchen, weil enger an einander getrieben, sich vorfinden müssen.

Aber weil die Kraft der Elastizität der Luft endlich so groß wird, daß sie der zusammenpressenden Kraft gleichkommt, das Wirken der letzteren also vernichtet, dadurch aber ein weiteres Zusammenpressen durch dieselbe Kraft unmöglich und deshalb auch die angeregte Kraft der Elastizität nicht weiter vergrößert wird; — so wirkt jede Luftschicht mit der, in ihr angeregten Kraft der Elastizität auf jeden Gegenstand, den sie berührt und welcher zu ihrer Zusammenpressung, eben weil er sie am Ausweichen verhindert, ebenso beiträgt, wie die zusammenpressende Ursache; jeder solche, in einer der Luftschichten befindliche Gegenstand wird also an allen Theilen seiner Oberfläche nothwendig mit einer Kraft gedrückt, welche genau gleichkommt der Kraft, mit welcher die Luftschicht selbst zusammengepreßt worden ist, und dieser Luftdruck ist, wie jeder Druck im Falle des vorhandenen Gleichgewichts, wiederum nothwendig senkrecht auf das gedrückte Flächentheilchen; und er wird immer geringer, je höher die Luftschicht liegt, in welcher der gedachte Gegenstand sich befindet; dieser Luftdruck ist dicht an der Oberfläche der Erde nothwendig am größesten, weil die Luft daselbst am meisten zusammengedrückt, ihr elastischer Widerstand also am meisten hervorgerufen ist.

Würde nur eine einzige bestimmte Stelle des Meeres von diesem Luftdruck getroffen und die übrige Meeresoberfläche nicht, so würde an der ersteren Stelle das Wasser nothwendig in die Tiefe gedrückt werden und rings herum verhältnißmäßig in die Höhe treten; weil aber die gesammte Oberfläche des Meeres von einem gleichgroßen Luftdruck getroffen wird, so bleiben die Meere in demselben Gleichgewicht, wie wenn überhaupt kein Luftdruck wäre. Der Luftdruck auf die Meere könnte aber durch das Gewicht einer entsprechenden Menge Wassers ersetzt werden,

welche über der jetzigen Oberfläche der Meere bis zu einer entsprechenden Höhe noch lagerte; alles was sich unterhalb der jetzigen Meeresoberfläche befindet und der Meeresgrund selbst, wie auch die Seitenwände der Ufer, würden dann, den, diesem höheren Wasserstande entsprechenden, größeren Druck erleiden; und so ist es anschaulich gemacht, daß der Luftdruck, wie er jetzt auf die Meere wirkt, sich durch das Wasser vollkommen fortpflanzt, so daß der Grund der Meere, wie alle unter dem Wasser befindlichen Flächen, neben dem Wasserdruck, auch noch den ganzen Luftdruck erleiden, denselben, welchen die ganze Oberfläche des Festlandes und alle darauf befindlichen Gegenstände ertragen; — daß also z. B. die Oberfläche des menschlichen Körpers denselben Druck erleidet, der Mensch mag sich außerhalb des Wassers oder im Wasser untergetaucht, befinden; — im letzteren Falle kommt blos noch der Wasserdruck hinzu.

Eben so bleibt das Wasser in der Gießkanne und in deren Gießröhre, trotz des Luftdruckes gleich hoch stehen, weil eben letzterer die Flächentheilchen beider Wasserspiegel gleich stark drückt; wird aber die Gießröhre nach oben zu z. B. um 36 Fuße verlängert, die Luft aus derselben vertrieben, und sie selbst dann luftdicht verschlossen, so daß der Luftdruck von dieser Seite aufhört, so treibt der, auf der anderen offenen Seite noch bleibende Luftdruck, das Wasser der Gießkanne sogleich in der Gießröhre bedeutend in die Höhe und zwar, nach angestellten Versuchen, so hoch, daß der Wasserspiegel in der Gießröhre um etwa 32 Fuß höher steht, als der in der Kanne; und diese Versuche geben uns die Möglichkeit, die Größe des Luftdruckes, genau zu bestimmen. Der Luftdruck leistet hier nämlich dasselbe, was das Gewicht einer Wassersäule leisten würde, welche über dem Wasserspiegel der Gießkanne in einer Höhe von 32 Fußen sich erhöbe und welche 32 Kubikfuße enthält, wenn die Fläche des Wasserspiegels der Kanne einen Quadratfuß groß ist. Der Luftdruck auf einen Quadratfuß Fläche ist also gleich dem

Gewichte von 32 Kubikfußen Wasser, von denen jeder 66 Berliner Pfunde wiegt; der Luftdruck auf jeden Quadratfuß Fläche beträgt also mehr als 2100 (Berliner) Pfund, in der untersten Luftschicht; in den höheren Luftschichten wird dieser Luftdruck geringer und immer geringer, je höher man steigt; er bleibt aber in den höchsten Höhen, die der Mensch bis jetzt erreichen konnte, immer noch größer als der Druck von 1000 Pfunden Gewicht.

Das Quecksilber hat ein 14 mal größeres Eigengewicht (spezifisches Gewicht) als das Wasser, d. h. es ist 14 mal dichter als Wasser, d. h. ein Kubikfuß Quecksilber wiegt 14 mal so viel als ein Kubikfuß Wasser; eine Säule von Quecksilber, welche eben so viel wiegen soll, als eine Wassersäule von gleichem Querschnitt, darf daher nur den 14ten Theil so hoch sein. Wenn man also denselben Versuch mit Quecksilber macht, so wird das Quecksilber in der Röhre, aus welcher die Luft vertrieben ist, so daß in ihr kein Luftdruck mehr stattfindet, nur den 14ten Theil von 32 Fußen höher steigen (d. h. nahehin um 28 Zoll), als es auf der anderen, offenen Seite steht. Zu diesen Versuchen nimmt man eine unten umgebogene Glasröhre, deren beide Schenkel vertikal in die Höhe gehen und deren einer oben zugeschmolzen und etwa 30 Zoll hoch ist; sie wird ganz mit Quecksilber angefüllt, so daß alle Luft aus ihr entweicht und dann in die Lage gebracht, daß die Schenkel vertikal in die Höhe stehen, während der offene Schenkel viel kürzer und beliebig weit sein kann; das Quecksilber fällt nun in dem luftdicht geschlossenen Schenkel herunter, aber nur so weit, daß der Spiegel desselben in diesem Schenkel ungefähr 28 Zoll höher steht, als der Quecksilberspiegel in dem offenen Schenkel. Dadurch ist die Größe des Luftdruckes abermals gefunden, weil man das Gewicht von einem Kubikfuß Quecksilber kennt, welches ungefähr 14 mal 66, d. h. etwa 924 Pfund beträgt.

Man kann diesen letzteren Versuch noch einfacher machen. Man nimmt eine einfache gerade Glasröhre, welche über

28 Zoll lang ist, also z. B. 36 Zoll lang sein kann und welche an dem einem Ende zugeschmolzen ist; man füllt sie ganz mit Quecksilber, damit alle Luft aus ihr vertrieben ist, und bringt sie dann mit dem offenen Ende in ein zum Theil mit Quecksilber angefülltes offenes Gefäß, so daß das zugeschmolzene Ende vertikal über dem offenen Ende steht. Sowie man nun den verschließenden Finger wegnimmt, so fällt das Quecksilber aus der Röhre in das des offenen Gefäßes hinein, aber nicht alles; es bleibt in der Röhre eine Quecksilber-Säule stehen, welche um etwa 28 Zoll über den Quecksilberspiegel in dem offenen Gefäß herausragt.

Eine solche Vorrichtung, mag sie aus einer unten umgebogenen Röhre mit zweitem kürzeren und beliebig erweiterten Schenkel bestehen, oder aus einer geraden Röhre, die mit ihrem unteren offenen Ende in einem Gefäß von Quecksilber hängt, — wenn noch ein Maßstab angebracht ist, mit welchem man den jedesmaligen vertikalen Abstand der beiden Quecksilberspiegel in Zollen und Theilzollen bequem messen kann, — nennt man einen Barometer (Luftdruckmesser). —

Beobachtet man ein solches Instrument längere Zeit hindurch, so findet man, daß der Luftdruck bald geringer, bald größer ist; doch trifft es sich selten, daß der Barometerstand unter 27 Zoll oder viel über 28 Zoll zu stehen kommt. — Man bedient sich auch des Barometers als Wetterpropheten, schließt bei tieferem Stande desselben auf größere Feuchtigkeit der Luft oder auf, an dem Orte jetzt auseinandergehendem Winde, welche beide Ursachen die Elastizität der Luft vermindern; während man bei hohem Barometerstand auf trocknere Luft und daher auf schönes Wetter schließt. So genau aber der Barometer die jedesmalige Größe des Luftdruckes bestimmt, so trügerisch kann er doch als Wetterprophet sein; es können z. B. gerade bei herannahendem Regenwetter an dem Orte des Beobachters entgegengesetzte Luftströme (Winde) gegen einander ankäm-

pfen; die Kraft dieser Winde bewirkt dann an derselben Stelle ein größeres Zusammenpressen der Luft, die Elastizität der Luft wird dadurch mehr angeregt, der Luftdruck also größer und der Barometer muß dem zu Folge steigen; vergebens prophezeiht man diesesmal aus dem Steigen des Barometers das schöne Wetter.

Neueste Erfahrungen haben gelehrt, daß der mittlere Barometerstand an einem Orte der südlichen Halbkugel etwas geringer ist, als derselbe an einem auf gleicher nördlichen Breite liegenden Orte. Dies mag daher kommen, daß der bei weitem größere Theil der Meere auf der südlichen Halbkugel liegt, die Luft daselbst also im Allgemeinen feuchter ist als in der nördlichen Halbkugel, und deshalb auch weniger elastisch.

Steigt man mit einem Barometer auf die Höhe eines Berges, so fällt derselbe immer mehr, je höher man kommt, so daß also das, was man, — von der **Ursache** des Luftdruckes ausgehend, — schon im Voraus wußte, sich jetzt bestätigt findet, nämlich daß der Luftdruck in jeder einzelnen Luftschicht immer geringer wird, je höher die Luftschicht liegt. Indem man auf diese Weise den Barometerstand bei schon bekannten Höhen beobachtete, hat man ein Gesetz gefunden, nach welchem schon zum Voraus bestimmt werden kann, um wie viel der Barometer fallen wird, wenn man 100 oder 1000 Fuß mit ihm höher steigt. Mittelst dieses Gesetzes kann man daher auch umgekehrt aus dem jedesmaligen Stande des Barometers in verschiedenen Höhen, auf diese letzteren selbst zurückschließen; und man bedient sich daher dieses Luftdruckmessers, um damit die unbekannten Höhen verschiedener Berggipfel zu bestimmen. Indem man alle Einflüsse berücksichtigt, welche die Höhe des Barometerstandes unabhängig vom Luftdruck, in etwas verändern können, werden diese Höhenmessungen mittelst des Barometers mit ziemlicher Genauigkeit ausgeführt.

Der Mensch bedient sich aber des Luftdruckes noch auf die mannigfaltigste Weise zu seinen Zwecken. Stellt man eine längere Glasröhre in ein, mit Wasser gefülltes Glas; nimmt man das obere Ende in den Mund, und saugt die Luft aus der Röhre, so tritt das Wasser sogleich nach, weil der Luftdruck in der Röhre entweder ganz aufhört oder doch sehr verringert ist, während er auf das Wasser im Glase unverändert bleibt. Man kann auf diese Weise das Wasser im Glase mittelst der Röhre ganz austrinken. — Das Saugen selber besteht blos darin, daß man die Mundhöhlung und deren Verlängerung möglichst klein macht, die Röhre mit dem Munde luftdicht umschließt, dann aber die gedachten Räume wieder ausdehnt und dadurch möglichst groß macht, so daß die in denselben befindliche geringe Menge Luft jetzt einen viel größeren Raum einnimmt und der Druck ihrer elastischen Kraft verringert wird; — so saugt schon der Säugling an der Mutterbrust und er erhält seine Nahrung mit Hilfe des Luftdruckes.

Ist die vorbeschriebene Glasröhre, die mit ihrem einen Ende in einem gefüllten Wasserglase steht, oben umgebogen und geht der andere Schenkel beliebig weit herunter, so wird der Erfolg des Saugens derselbe sein, wie vorher, — vorausgesetzt daß die (obere) Biegung der Röhre nicht mehr als 32 Fuß über dem Wasserspiegel des Glases steht; — hört man, nachdem das Wasser in den Mund gekommen ist, zu saugen auf, so wird das Wasser durch den, nun wieder auf beiden Seiten gleich starken Luftdruck entweder aus der Röhre in das Glas zurückgetrieben, oder aus dem Glase durch die Röhre so lange herausgetrieben, als die Röhre in selbiges noch hineinragt, und zwar muß das erstere stattfinden, wenn die Ausflußmündung der Röhre höher liegt, als der Wasserspiegel im Glase, während das zweite Ereigniß eintreffen muß, so lange die Ausflußmündung der Röhre tiefer liegt, als der Wasserspiegel im Glase. In jedem der beiden Schenkel der Röhre ist nämlich ein Druck nach

oben, welcher aus dem Luftdruck besteht, vermindert um das Gewicht der Wassersäule bis zur oberen Biegung der Röhre; der Druck in die Höhe ist daher auf derjenigen Seite der grö- ßere, auf welcher die niedrigste Wassersäule zu tragen ist, und da der größere Druck den geringeren überwindet, so müssen die oben beschriebenen Erfolge eintreten. Man nennt ein solches Instrument einen Heber, und es ist bekannt, daß derselbe auf die mannigfaltigste Weise in Anwendung kommt. Besteht er aus einer geraden Röhre, die sich oben erweitert, um mehr Flüs- sigkeit zu fassen, dann aber wieder verengert, um sie mit dem Daumen bequem verschließen zu können, so kann man, nachdem die Flüssigkeit durch Saugen in die Höhe gebracht ist, die obere Oeffnung mit dem Daumen luftdicht verschließen, dann den Heber herausnehmen und die darin enthaltene Flüssigkeit durch Einlassen der Luft von oben wiederum, wohin man will, ab- fließen lassen; es schadet dabei nichts, wenn auch oben vor dem Verschluß etwas Luft in diesem Stech-Heber geblieben ist, in- dem die Flüssigkeit zurückgeht, wird der obere leere Raum größer, die vorhandene Luft verbreitet sich in dem größeren Raum, die Kraft ihrer Elastizität, d. h. ihr Druck, vermindert sich und der äußere größere Luftdruck hält dann die übrige Flüssigkeit in der Höhe. —

Auch der Erfolg unserer gewöhnlichen Saugpumpen, wie sie in den Straßen der Städte und in den Höfen der Häuser in so großer Anzahl gefunden werden, ist einzig und allein dem Luftdrucke zuzuschreiben. Ihre Einrichtung ist ganz einfach. Ein oben offenes Kännchen kann in der Brun- nenröhre luftdicht auf und nieder gedrückt werden; die luft- dichte Brunnenröhre steht in dem Brunnenkessel im Wasser; zwischen dem Wasser und dem Boden des Kännchens ist in der Regel anfänglich noch ein mit Luft angefüllter Raum; der Boden des Kännchens hat eine Oeffnung, welche mit einem, nach innen aufgehenden Ventile (Klappe) geschlossen ist, so daß

die Klappe durch einen Druck von unten nach oben, etwas aufgeht, durch einen Druck von oben aber die Oeffnung wieder schließt. Wird nun das Kännchen in die Höhe gezogen, so wird der Raum unterhalb desselben um so viel vergrößert; die Luft unterhalb dieses Bodens vertheilt sich in diesem größeren Raum und ihr Druck wird dadurch geringer; dies hat die doppelte Folge, einmal, daß die Luft über dem Kännchen mit ihrem größeren Drucke das Ventil geschlossen erhält, und dann noch, daß die Luft im Brunnenkessel das Wasser in der Röhre so hoch in die Höhe drückt, bis der innere Luftdruck wiederum so groß ist, wie der äußere. Wird dann das Kännchen wieder heruntergedrückt, so wird die innere Luft unterhalb des Kännchens in der Röhre noch mehr zusammengedrückt, das Ventil muß sich daher nach oben zu öffnen, und die innere und äußere Luft haben wieder gleichen Luftdruck, wie zu Anfang. Einige Wiederholungen dieses Auf- und Niederdrückens des Kännchens bewirken, daß das Wasser bis an den Boden des Kännchens in die Höhe steigt; eine neue Wiederholung bewirkt bei dem Hinaufziehen einen luftleeren Raum unterhalb des Kännchens, in welchen sogleich das Wasser von unten nach oben hineingedrückt wird; bei dem neuen Herunterdrücken des Kännchens wird letzteres dann in das Wasser hineingedrückt, das Ventil muß sich dabei öffnen, und das Wasser in das Kännchen hineintreten. Bei dem nächsten Hinaufziehen des Kännchens wird das Wasser in selbigem mit in die Höhe gehoben, weil das Gewicht desselben und der äußere Luftdruck das Ventil festgeschlossen halten; unterhalb des Kännchens entsteht also nun abermals ein vollkommen luftleerer Raum, und die Luft im Brunnenkessel drückt das Wasser in der Röhre sogleich wieder nach, so daß es wiederum bis an den Boden des (in die Höhe gedrückten) Kännchens steigt; das Kännchen wird nun wieder herunter, in das Wasser hineingedrückt, wobei sich das Ventil wieder öffnet, so daß nun oberhalb des Bodens des Kännchens, theils

in selbigem, theils bereits in der Brunnenröhre oberhalb desselben, doppelt so viel Wasser als vorher sich befindet. Bei jeder nun folgenden Wiederholung des Auf- und Niederdrückens des Kännchens muß sich offenbar die Menge des Wassers in dem oberen Theile der Brunnen-Röhre um gleichviel vermehren und so wird man durch fortgesetztes Pumpen das Wasser in dem oberen Theil der Brunnenröhre bis zu jeder beliebigen Höhe steigen machen können, nur nicht über 32 Fuß hoch; hat nämlich das Wasser die Höhe von 32 Fußen über dem Wasserspiegel im Kessel erreicht, so wird es zwar durch ein neues Aufziehen des Kännchens noch einmal um etwas höher gehoben, und das Wasser in dem unteren Theil der Brunnenröhre steigt auch noch einmal in den luftleer gewordenen Theil hinein, bis an den Boden des Kännchens; sowie aber das Kännchen jetzt wieder heruntergedrückt wird und das Ventil sich öffnet, so drückt die Luft in dem Brunnenkessel nicht mehr stark genug, um die jetzige zusammenhängende Wassersäule von mehr als 32 Fuß Höhe zu erhalten; das Wasser in der Röhre fällt daher durch die geöffnete Klappe herunter bis auf die alte Höhe, in welcher der Luftdruck das Wasser überhaupt zu erhalten vermag. —

Eben so hört die Wirkung einer solchen Saugpumpe augenblicklich auf, sobald der Raum der Brunnenröhre unterhalb des Kännchens, von dem Raume derselben oberhalb des Kännchens, oder von der äußeren Luft, nicht mehr luftdicht abgeschlossen ist, oder, wie man zu sagen pflegt, wenn der Brunnen Luft hat.

Man bediente sich der Saugpumpen lange vorher, ehe man den Luftdruck kannte, und sie sind die Veranlassung gewesen, das Dasein desselben zu entdecken. Ein Gärtner zu Florenz wollte nämlich Wasser zu einer ungewöhnlichen Höhe hinaufpumpen, und als die Anlage dazu fertig war, sah man mit Erstaunen, daß das Wasser zwar bis auf ungefähr 32 Fuß in die Höhe stieg, aber dann durchaus nicht mehr höher gepumpt

werden konnte; es wurde der berühmte Galilei zu Rathe gezogen, und Derselbe, sowie sein Schüler, Torricelli zu Untersuchungen darüber veranlaßt, und es dauerte noch lange, bis man endlich die Ueberzeugung gewann, einmal davon, daß ein Luftdruck vorhanden sei, und dann, daß die Größe desselben eine bestimmte Grenze habe. — In dem vorher Gesagten ist der Luftdruck als eine nothwendige Folge der Anziehungskraft (nämlich des Gewichtes der oberen Luftschichten) in Verbindung mit der Elastizität der Luft, welche die Grundeigenschaft aller Gase (Luftarten, Dämpfe) ist, nachgewiesen.

Die Luftpumpe, mittelst welcher die Luft aus einem Gefäß herausgepumpt werden kann, ist von der Saugpumpe wenig verschieden. In einer Röhre, Stiefel genannt, geht ein Stempel (Kolben) luftdicht auf und nieder; der Boden des Stiefels hat eine Oeffnung, welche mit dem Gefäße, aus welchem die Luft ausgepumpt werden soll, in luftdichter Verbindung steht. Das Gefäß und der Stiefel sind durch eine enge Röhre mit einander in Verbindung, die mit einem Hahn luftdicht verschlossen werden kann. Der Stiefel hat im Innern, dicht an seinem Boden, eine Seiten-Oeffnung, welche mit einem Ventil oder mit einem Hahn dergestalt verschlossen ist, daß die Luft hinaus, aber keine hineintreten kann. Bei dem Heraufziehen des Kolbens bildet sich im Stiefel ein luftleerer Raum; öffnet sich daher gleichzeitig der Hahn am Gefäße, so vertheilt sich die Luft in dem letzteren sogleich mit in den luftleeren Raum des Stiefels hinein; — schließt sich dann derselbe Hahn im Augenblick des Herunterdrückens des Kolbens, so kann die Luft in dem Stiefel nur zu der Seitenöffnung desselben entweichen. Bei jedem neuen Herauf- und Herunterdrücken des Kolbens wiederholt sich die Verdünnung der Luft in dem Gefäße, und das Entweichen desjenigen Theils der verdünnten Luft, welche bei dem Heraufziehen des Kolbens in den Stiefel getreten ist; durch fortgesetztes Pumpen wird also die Luft in dem Gefäße bis in's

Unendliche verdünnnt, wenn sie auch in der That nie ganz und vollständig heraus gebracht werden kann.

Die Druck-Luftpumpen, mit denen man die Luft in demselben Gefäße verdichten, d. h. mit welchen man in das Gefäß immer mehr Luft hinein drücken will, — sind ebenso construirt, nur daß die Seitenöffnung (dicht am Boden des Stiefels) jetzt so eingerichtet sein muß (mittelst eines Ventil's oder Hahn's), daß sie Luft in den Stiefel hinein läßt, aber keine heraus, während der Hahn am Gefäße sich öffnen muß bei dem Herunterdrücken des Kolbens, und sich schließt in dem Augenblick, wo der Kolben wieder herauf gezogen wird; jedes Herunterdrücken des Kolbens drückt die in dem Stiefel befindliche, von außen hinein getretene Luft, in das Gefäß hinein, während bei dem Aufziehen der Hahn des Gefäßes sogleich sich wieder schließt und die zusammengedrückte Luft in dem Gefäße festhält. — Auf diese Weise wird die Luft in die Windkammer einer Windbüchse hineingedrückt; die dann mit einer ungemein großen Kraft der Elastizität, auf alle sie umgebenden Gegenstände zurückwirkt, namentlich also auch auf die Kugel im Laufe, zu welcher ihr der Zugang auf einen Augenblick verstattet wird.

Auch bei dem Schröpfen kommt der Luftdruck in Anwendung; dadurch, daß die Luft in dem Schröpfkopf bedeutend erhitzt wird, wird sie in demselben Maße verdünnt, so daß sie einen viel größeren Raum einnimmt und ein großer Theil derselben heraustreten muß; wird er dann schnell auf die gemachten Einschnitte leicht an die Haut angepreßt, so kühlt er sich bald genug ab, und die äußere Luft übt nun einen viel größeren Druck auf den Schröpfkopf aus, als die innere Luft dagegen ausübt; er wird daher an die Haut festgedrückt, während auch auf die äußere Haut, ringsherum, der äußere größere Luftdruck wirkt, der Theil der Haut aber, welcher von dem Schröpfkopfe umgeben wird, den inneren, schwächeren Luftdruck erleidet; dadurch wird das Blut aus der nächsten Umgebung durch die von

dem Schröpfkopf bedeckten Einschnitte in denselben hineingetrieben. — Auch die schnellere Wirkung der künstlichen Blutegel beruht auf dem Luftdruck, insofern in der Höhlung derselben ein luftleerer Raum gemacht wird.

Ich erwähne am Schlusse dieser Vorlesung noch zweier Spielereien, die jedoch auch als bequem zu machende Versuche gelten können. Man nehme ein beliebig hohes Glas, fülle es bis an den Rand mit Wasser, lege dann ein Blatt Schreib-Papier auf den Rand, drücke solches an und kehre dann das Glas um. Der Luftdruck wird das Papier an den Rand festdrücken und das Wasser im Glase erhalten, so daß es nicht herausläuft. Stellt man nun das Glas, so umgekehrt, auf einen Tisch und zieht das Papier behutsam weg, so wird das Wasser auch noch im Glase bleiben. Stellt man dann einem Anderen die Aufgabe, dies Glas Wasser wegzunehmen, ohne daß das Wasser herausläuft, so wird es ihm nur dadurch gelingen, daß er abermals ein Stück noch trockenes (und geleimtes) Papier behutsam unterschiebt, das Glas aber dann an den Rand des Tisches und von da vollends herunter rückt. Der zweite Versuch besteht darin, daß man ein etwas tieferes Gefäß mit Wasser nimmt, darauf ein leeres umgekehrtes Wasserglas auf das Wasser bringt und in das Wasser allmählig herunter drückt. Dadurch wird die Luft im Glase nach und nach immer mehr zusammengedrückt, und ihr elastischer Gegendruck wird nach und nach immer stärker und allemal stärker als der Druck der äußeren Luft sein. Der Wasserspiegel im Glase wird daher stets tiefer liegen, als der übrige außerhalb des Glases, und man wird dies, vermöge der Durchsichtigkeit des Glases, wahrnehmen.

Legt man vorher ein kleines Korkschüsselchen auf das Wasser und darauf ein Stück Zucker, so wird man das Glas ganz unter Wasser drücken und beliebig lang unter Wasser halten können, ohne daß der Zucker schmilzt; denn er schwimmt

wohlbehalten auf dem Wasser, dessen Spiegel mit hinuntergedrückt wird; er befindet sich stets in der zusammengepreßten Luft, ohne vom Wasser erreicht zu werden.

Dieser letzte Versuch ist zugleich der einfachste Beweis dafür, daß die Luft auch ein Stoff ist, so wenig man sie auch im Glase sehen kann, und daß derselbe Raum, den ein Stoff einnimmt, nicht gleichzeitig von einem zweiten Stoff eingenommen werden kann.

Siebente Vorlesung.

Die vom Stoffe unzertrennliche Dehnkraft als Wärme. — Das Thermometer.

Nachdem wir in den vorhergehenden sechs Vorlesungen eine, der jedem Stoffe inwohnenden Kräfte, zugleich mit einem großen Theile der aus ihr hervorgehenden nothwendigen Folgen betrachtet haben, nämlich die Anziehungskraft, — beginnen wir heute die Betrachtung einer zweiten Kraft, welche ebenfalls jedem Stofftheilchen inwohnt, welche der Anziehungskraft als Dehnkraft entgegenwirkt und welche wir die Wärme nennen. — Jedes Stofftheilchen zeigt zu jeder Zeit eine bestimmte Wärme, die aber zu einer anderen Zeit eine andere, größere oder geringere sein kann, und die wir Kälte nennen, sobald sie von einem geringeren Grade ist, als diejenige, in welcher sich der Mensch in behaglichem Zustande befindet. So kann das Eis im höchsten Norden eine Wärme zeigen, welche wir 40 Grad Kälte nennen; dasselbe kann dann wärmer werden und seine Wärme kann bis dahin zunehmen, daß wir dasselbe als 3 Grade kalt erklären u. s. f. — Wärme oder Kälte ist daher ein und dasselbe, nur daß man mit dem Wort Kälte stets eine niedrigere (geringere) fühlbare Wärmemenge (Temperatur) bezeichnet.

Die Wärme ist eine Kraft, welche in gewisser Beziehung der Anziehungskraft entgegen wirkt; vermehrt sie sich in irgend einem Stofftheilchen, so dehnt sie dasselbe in etwas aus, so daß es einen, wenn auch nur wenig größeren Raum einnimmt; — je mehr Wärme an das Stofftheilchen hinzutritt, desto mehr wird es auch ausgedehnt, und es kann bei immer neuem Hinzutreten der Wärme, die Ausdehnung einen solchen Grad erreichen, daß der Zusammenhalt der kleinsten Theile in der Art aufgehoben wird, daß der Körper aus dem festen Zustand in denjenigen übergeht, welchen wir den tropfbar flüssigen nennen, d. h. in einem Zustand, wo der Zusammenhalt zwar schon sehr gelockert, aber doch noch so ist, daß die Anziehungskraft, bei kleinen abgerissenen Mengen, ihre Thätigkeit noch dahin äußert, daß sie dieselben in Kugelform (Tropfen genannt), wiederum gestaltet. — Bekommt ein schon flüssiger Körper nach und nach immer mehr Wärme, so dehnt sich auch dieser nach und nach immer mehr aus, bis zuletzt durch immer fortgesetzt größere Erwärmung, diese Dehnkraft den Grad erreicht hat, daß die Anziehungskraft nicht mehr im Stande ist, Tropfen zu bilden, sondern sich begnügen muß die Theilchen nur noch so viel zusammenzuhalten, daß sie gerade noch ein zusammenhängendes Ganzes (ein Continuum) bilden, aber einen verhältnißmäßig ungemein großen Raum einnehmen. Der Zustand des Körpers wird jetzt die Dampfform genannt; in vielen Fällen heißt sie die Luftform, auch Gasform.

So geht das Wasser, wenn es 80 Grade warm geworden ist, in Dampfform über, und man sagt dann „es koche." — Quecksilber kocht (d. h. verdampft) erst bei einer Wärme von 280 Graden, nach dem Thermometer (Wärmemesser) des Reaumür.

Die festen Körper werden übrigens durch hinzutretende Wärme am wenigsten merklich ausgedehnt, die tropfbar flüssigen, wie z. B. Quecksilber, schon mehr; am meisten aber die Gase,

die durch eine geringe Vermehrung der Wärme sofort bedeutend sich ausdehnen. — Endlich ist die Größe der Ausdehnung, welche eine und dieselbe Wärme-Menge bei verschiedenen Stoffen gleicher Größe hervorbringt, sehr verschieden; manche dehnen sich viel mehr, andere viel weniger aus, wenn dieselben auch alle fest, oder alle tropfbar flüssig, oder alle gasförmig sind. — Um nur ein Beispiel angeführt zu haben, mag bemerkt werden, daß die Ausdehnungen,* welche Stahl und Zink, bei gleicher Wärmevermehrung erfahren, sich verhalten wie 11 zu 30, so daß die durch dieselbe Wärmemenge hervorgebrachte Ausdehnung des Zinks beinahe das 3fache von der des Stahls ist. — Auch sieht man auf Zinkdächern, die eben von der Sonne beschienen, also bedeutend erwärmt werden, wie die einzelnen, an ihren Enden befestigten Platten (Tafeln) in der Mitte muldenförmig sich in die Höhe begeben, dagegen bei Kälte wieder glatt anliegen. — Ferner gehen auch die verschiedenen festen Stoffe bei sehr verschiedenem Wärmegrad in den tropfbar flüssigen Zustand über. Während das feste Quecksilber mit dem Hammer gestreckt werden kann, bei einem Wärmegrad, den wir 36° R. Kälte nennen, braucht es nur noch 4° wärmer zu werden, so schmilzt es bereits (nämlich bei 32° R. Kälte). Das feste Eis dagegen schmilzt erst, wenn es noch 32° R. wärmer wird (nämlich bei 0°). Zinn braucht zum Schmelzen 227° R., Wachs dagegen, wie alle Fettarten, viel weniger Wärme. Kupfer schmilzt schwerer, d. h. erst bei viel größerer Hitze (1118° R.) als Zinn oder Blei; Eisen braucht eine noch viel größere Hitze (1540° R.) — Silber schmilzt bei 978° R. — Granit schmilzt (nach Mitscherlich) bei ungefähr 1100° R.; reine Kieselerde bedarf, um geschmolzen zu werden, einer größeren Hitze. Es ist dabei merkwürdig, daß ein einzelner Stoff oft einer sehr großen Hitze bedarf, ehe er schmilzt, dagegen mit einem zweiten Stoff gemengt, bei viel geringerer Hitze schon zum Schmelzen gelangt. Man mengt deshalb die zu schmelzen-

den Erzsteine absichtlich mit einem anderen Gestein, um die ganze Masse leichter (d. h. mit weniger Hitze) in den Fluß bringen zu können.

Es giebt drei Metalle, von denen jedes einzelne nur bei einer Hitze schmilzt, welche die des kochenden Wassers (80° R.) bei weitem übertrifft; wenn man sie aber alle drei durch einander mengt, so schmilzt das ganze Gemenge schon im kochenden Wasser *).

Ganz dasselbe gilt von dem Uebergang der tropfbar flüssigen Körper in ihren Dampfzustand. — Wasser verdampft rasch bei 80° R.; während gereinigte Butter zum Verdampfen 240° R. erfordert. Mehrere Oele verdampfen schon bei jeder gewöhnlichen Temperatur. Auch das Wasser verdunstet schon langsam an der Oberfläche bei gewöhnlicher Temperatur; bei höherer Temperatur immer mehr; es kann aber eine Temperatur, die über 80° R. geht, nicht mehr vertragen, sondern verdampft dann sofort in allen seinen Theilen unaufhaltsam; — so wie die Wasserdämpfe, sobald sie unter 80° R. sich erkalten, sofort wieder in tropfbar flüssiges Wasser sich verwandeln.

---

*) Wismuth schmilzt erst bei 200° R.; Zinn bei 224°; Blei ebenfalls nur bei einer Wärme, welche die des kochenden Wassers weit übertrifft; bringt man aber 10 Pfund Blei, 6 Pfund Zinn und 14 Pfund Wismuth zusammen, so schmilzt dies Gemisch schon bei 79°; nimmt man 2 Pfund Wismuth mehr, so hat man ein Gemisch, welches schon bei 73° zum Schmelzen kommt, während das kochende Wasser 80° Wärme hat.

Ein solches Gemisch wird das Rose'sche leichtflüssige Metall genannt und vorzüglich dazu benützt, um Holzschnitte abzugießen und zu vervielfältigen, auch um Abdrücke (Abklatsche) von Holzschnitten zu machen, da es, wenn flüssig, doch das Holz nicht verbrennt.

Der Wärme, dieser Dehnkraft, kann auch die Elastizität (Spannkraft) der Dämpfe und der Luftarten zugeschrieben werden; es kann nämlich diese Dehnkraft durch ihr entgegengesetzte Kräfte, z. B. durch das Gewicht darüber lagernder Schichten, oder durch mechanischen Druck, in ihren Wirkungen theilweise aufgehoben werden, wie entgegengesetzte Kräfte die gegenseitigen Wirkungen stets vernichten; es kann also die Wirkung der Wärme, nämlich die große Ausdehnung der Dämpfe und der Luftarten, durch solche äußere Kräfte vermindert, d. h. es können diese Stoffe in einen engeren Raum zusammengedrückt werden; dadurch wird aber die vorhandene Dehnkraft selbst, nicht mit vernichtet, sondern blos im Schach gehalten; — so wie der äußere Druck aufhört, so daß sie wieder allein wirkt, so tritt auch sogleich die Wirkung wieder ein, und die Dämpfe und Luftarten erfüllen wieder ihren alten, natürlichen und größeren Raum; und gerade dieses nennen wir eben die Elastizität (Spannkraft) der Dämpfe und Luftarten. — Die Rückwirkung der Dehnkraft, d. h. die Größe der Elastizität der zusammengedrückten Dämpfe oder Luftarten, muß allemal der Größe des Druckes gleich sein, mit welchem sie zusammengepreßt worden sind, weil eben nur dann der Zustand des Gleichgewichts, d. h. der seiende, dauernde Zustand, eingetreten sein kann. — Wenn die tropfbar flüssigen Körper noch keine sehr merkliche Elastizität zeigen, so ist dies darin zu suchen, daß in ihnen die bloße Anziehungskraft, der vorhandenen Dehnkraft noch das Gleichgewicht hält. — Wenn ferner fast die meisten festen Körper mehr oder minder elastisch sind, d. h. sich zusammendrücken lassen und dann mit derselben Kraft, mit der sie zusammengedrückt sind, dem weiteren Zusammendrücken sich entgegenstemmen, und ihre alte Gestalt wieder annehmen, sobald die zusammendrückende Ursache aufhört; — so ist diese Erscheinung dem Gefüge der einzelnen Theilchen zuzuschreiben und der Anziehungskraft, welche dieses Gefüge veranlaßt hat; ein Stoß, ein Druck, kann dieses Gefüge,

bei den leeren oder höchstens mit Luft angefüllten Zwischenräumen, (welche von der Form der kleinsten Theile des Stoffes herrühren, die ein Berühren der Flächen auf allen Seiten ihrer Oberfläche nicht möglich machen, —) verschieben; zerstört er es aber nicht gleichzeitig, so wird, sobald die Wirkung des Stoffes oder des Druckes nachläßt, die alte Ursache auch wieder die alte Wirkung, d. h. die alte Form hervorbringen müssen.

Wir benützen die Ausdehnung, welche die Körper durch vorhandene Wärme erfahren, um an der Größe derselben die größere oder geringere Wärmemenge zu erkennen. Hat man z. B. in einer luftleeren und luftdicht verschlossenen engeren Glasröhre, welche sich unten in eine Kugel erweitert, Quecksilber, welches die Kugel erfüllt und dann noch in der Röhre etwa bis zur Hälfte ihrer Länge in die Höhe steigt, so wird das Zurücktreten des Quecksilbers in der Röhre uns anzeigen, daß es jetzt einen kleineren Raum einnimmt, folglich, daß die Wärmemenge in demselben sich vermindert hat; das Steigen des Quecksilbers in der Röhre dagegen zeigt uns an, daß das Quecksilber jetzt einen größeren Raum einnimmt, daß also seine Wärmemenge sich vermehrt hat. Tauchen wir diese, mit Quecksilber gefüllte Röhre in eben schmelzendes Eis, d. h. in das eben erzeugte Wasser, und machen wir an der Röhre, nachdem das Quecksilber in selbiger einen festen Standpunkt eingenommen hat, an der Grenze desselben einen Strich, so haben wir den Gefrierpunkt; stellen wir nachher dieselbe Röhre in Wasser, welches nach und nach erhitzt wird, bis es kocht, d. h. bis es in den Dampfzustand übergeht, so sehen wir das Quecksilber in der Röhre nach und nach immer höher steigen, bis es zuletzt, während das Wasser kocht, wiederum einen festen Stand annimmt; woraus wir folgern, daß das kochende Wasser, so viel Hitze man auch daran wenden mag, nicht mehr wärmer wird, sondern daß alle weitere Hitze zum Uebertreiben des Wassers in den Dampfzustand sich verwendet, bis kein Wasser mehr

vorhanden ist. — Machen wir nun an diesem höchsten Standpunkt des Quecksilbers abermals einen Strich in die Röhre, so haben wir den Siedepunkt an der Röhre bezeichnet. — Theilt man nun den Abstand zwischen dem Gefrierpunkt und dem Siedepunkt in 80 gleiche Theile durch entsprechende Striche, und trägt man dann Theile von derselben Länge vom Gefrierpunkt ab, nach unten hin, bis an die Kugel, so hat man, — unter der Voraussetzung, daß die Röhre von unten bis oben hin, vollkommen gleich weit ist, den Reaumür'schen Thermometer (Wärmemesser). — Die Kugel ist deshalb angebracht, damit eine größere Menge Quecksilber untergebracht werden kann, um das Steigen und Fallen bei gleicher Vermehrung oder Verminderung der Wärme, in der engen Röhre sichtbar werden zu lassen; und luftleer muß die Röhre sein, weil sonst bei dem Steigen die Luft zusammengedrückt und durch deren Elastizität auch wiederum das Quecksilber etwas heruntergedrückt werden würde; — wäre die Röhre offen, so würde der Druck der atmosphärischen Luft auf das Quecksilber wirken und dadurch das Erkennen der Wirksamkeit der Wärme ebenfalls getrübt werden.

Der Gefrierpunkt wird durch eine 0 (Null) bezeichnet, und die von 0 nach oben zu gehenden Theile Wärmegrade, die nach unten zu gehenden aber Kältegrade genannt; die ersteren gewöhnlich durch ein der Zahl vorgesetztes + (plus) die andere aber durch ein der Zahl vorgesetztes — (minus) bezeichnet.

Man theilt auch den Abstand zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt in 100 gleiche Theile und trägt dieselben dann auch nach unten zu ab; man hat dann den hunderttheiligen Thermometer d. h. den Thermometer des Celsius, dessen Grade auch Centesimalgrade genannt werden. — Es machen demnach 5 Grade Celsius nur 4 Grade Reaumür; wird also in Frankreich z. B., wo der 100theilige Thermometer mehr im Gebrauch ist, oder in einem der physikalischen oder chemischen Werke,

in denen jetzt gewöhnlich alle angeführten Wärmegrade 100theilige sind, eine Hitze von 30 Graden gemeldet, so sind dieses in der That nur 24 Grade Reaumür, wie sich nach der Regel de tri leicht berechnen läßt; ebenso sind von dorther gemeldete 20 Grad Kälte nur 16 Reaumür'sche Kältegrade.

Fahrenheit hat den Abstand zwischen dem Gefrier- und Siedepunkt in 180 Theile getheilt, so daß demnach 9 Grade Fahrenheit mit 5 Graden Celsius, und mit 4 Graden Reaumür übereinstimmen, wonach sich mittelst der Regel de tri jede gegebene Anzahl Grade Fahrenheit auf Grade Celsius oder Grade Reaumür leicht zurückführen lassen; Fahrenheit hat aber den Gefrierpunkt nicht mit 0, sondern mit 32 bezeichnet, so daß sein Siedepunkt nicht mit der Zahl 180, sondern mit noch 32 mehr, also mit der Zahl 212 bezeichnet ist. Sein Nullpunkt steht daher 32 seiner Grade bereits unter dem Gefrierpunkt, welches eine Kälte von 14$\frac{2}{9}$ Grad Reaumür anzeigt. Wird daher aus England z. B. eine Hitze von 77 Graden gemeldet, so muß man erst 32 Grade davon abziehen und die übrig bleibende Zahl 45 giebt uns dann die Zahl der Grade über dem Gefrierpunkt; da nun 9 dieser Grade erst 4 Grade Reaumür machen, so geben diese 45 Grade genau eine Wärme von 20 Grad Reaumür. — Wird uns aber eine Wärme von 14 Graden Fahrenheit gemeldet, so muß man diese Zahl von 32 subtrahiren; die übrig bleibende Zahl 18 zeigt uns dann an, wie viel Grade Fahrenheit der Thermometer unter dem Gefrierpunkte steht, und man weiß also, daß diese 14 Grad Wärme, einer Kälte von 8 Graden Reaumür gleichkommt. — Statt des Quecksilbers hat man auch Weingeist genommen. — Auch hat man Luft-Thermometer.

Wenn ich in der Folge Wärmegrade angebe, so verstehe ich stillschweigend immer Reaumür'sche (d. h. 80theilige); in den neueren physikalischen Lehrbüchern und Schriften findet

man die Wärmegrade dagegen, wie gesagt, meist nach der Eintheilung des Celsius (in 100 Grade) angegeben. —

Größere Wärmegrade, sogenannte Hitzgrade zu bestimmen, z. B. eine Hitze von 200 oder 800 Grade, — dazu reichen diese, eben beschriebenen, Thermometer nicht aus, sowie auch ein Quecksilber-Thermometer nicht ausreicht zur Bestimmung einer Kälte, die noch unter 32 Grad herunter fällt; weil dann das Quecksilber in einen festen Körper übergeht, und plötzlich einen viel kleineren Raum einnimmt, der überdieß bei größerer Kälte um viel weniger sich vermindert, als das noch flüssige Quecksilber bei gleicher Wärme-Verminderung. — Zur Bestimmung sehr großer Hitzgrade bedient man sich einer Stange von anderem Metall, namentlich von Eisen, welches sehr viel Wärme aufnehmen kann, ehe es flüssig wird; die Einrichtung zur Bestimmung der Größe der Ausdehnung muß natürlich dann auch eine andere sein, und eine solche Vorrichtung wird dann Pyrometer genannt.

Um meinen Zuhörern wenigstens eine Idee von einem solchen Instrumente zu geben, will ich nur kurz anführen, daß Lavoisier und Laplace eine Metallstange horizontal so angebracht haben, daß sie mit dem einen Ende an einen unbeweglichen Gegenstand, an ihrem andern Ende aber an einen kurzen Arm einer dünnen Welle befestigt war, so daß die Welle sich drehen mußte, hin oder her, je nachdem die Metallstange sich ausdehnte, oder (bei ihrer Erkaltung) sich zusammenzog. Mit der Welle drehte sich ein Fernrohr auf und nieder. Brachte man nun dem Metallstab durch ein Gemenge von Eis und Wasser seiner ganzen Länge nach eine Temperatur von 0 Grad bei, so zeigte das Fadenkreuz des Fernrohrs auf einer gegenüber liegenden Wand eine horizontale Linie, die man an der Wand markirte. Erhitzte man die Metallstange ihrer ganzen Länge nach mit kochendem Wasser bis zu 80° R., so zeigte das Fadenkreuz eine andere höher gelegene horizontale Linie an der Wand, die wieder

markirt wurde. — Obgleich nun dieses Instrument von den genannten Gelehrten zunächst nur dazu benützt wurde, um Stäbe verschiedener Metalle von gleicher Länge und Dicke, hinsichtlich ihrer verschiedenen Ausdehnbarkeit durch gleiche Wärmemengen, mit einander zu vergleichen, so begreift man doch leicht, daß, wenn man stets eine Eisenstange beibehält, die höheren Hitzgrade derselben und die damit verbundene größere Ausdehnung, das Fernrohr immer weiter herumdrehen werden, so daß das Fadenkreuz desselben immer eine höher gelegene Horizontallinie an der Wand wird markiren lassen. Reducirt man nun diese Marken so, daß auf gleiche Theile der Ausdehnung der Eisenstange auch gleiche Abstände der markirten Horizontallinien kommen, so kann man, wenn die dritte Marke von der ersten doppelt so weit abliegt, als die zweite von ihr entfernt ist, auf 2 mal 80°, d. h. auf 160° Hitze schließen, welche vorhanden war, als die dritte Marke gemacht wurde; u. s. w. f.

Auf solche und ähnliche Vorrichtungen gründen sich alle Pyrometer; man bringt gewöhnlich an der sich drehenden Welle entweder unmittelbar oder mittelst eines Vorgelege, statt des Fernrohrs einen Uhrzeiger an, der sich an einem Zifferblatt vorbeidreht, auf welchem die Grade bezeichnet sind. Mittelst einer Eisenstange kann man natürlich nur solche Hitzgrade schätzen, bei denen das Eisen noch nicht schmilzt, etwa bis zu 1500. Noch höhere Hitzgrade lassen sich noch viel schwieriger bestimmen, und alle nur annähernd; doch können wir hier nicht weiter darauf eingehen.

Durch ungleiche Wärme werden elektrische (galvanische) Erscheinungen hervorgebracht. Derselben kann man sich bedienen, um sehr geringe Wärme-Unterschiede noch wahrzunehmen; es giebt Instrumente dieser Art, welche z. B. die von einer menschlichen Hand ausstrahlende Wärme schon anzeigen, sobald dieselbe ihnen auf eine Entfernung von 6 Fußen genähert wird. Doch können wir heute auch hierauf uns nicht näher einlassen.

Am Schlusse dieser Vorlesung muß ich aber noch folgende Punkte berühren:

1) Es erfordert verhältnißmäßig weniger Wärme, um Wasser zum Kochen oder überhaupt einen flüssigen (geschmolzenen) Körper zum Verdampfen zu bringen, je geringer der Luftdruck ist, welcher auf der Flüssigkeit liegt; Wasser z. B. kocht bei einer viel niedrigeren Temperatur als 80° Reaumür, sobald man es auf höheren Bergen, wo der Luftdruck geringer ist, zum Kochen bringt; und bei einer desto niedrigeren Temperatur, je höher der Ort liegt, wo es gekocht wird. — Wird der Luftdruck über dem zu kochenden Wasser doppelt so stark gemacht (dadurch daß man die Luft zusammendrückt bis sie eine doppelt so hohe Barometersäule als die gewöhnliche vor dem Heruntersinken hindert), so wird das Wasser 96° heiß, bis es kocht, wie man aus angestellten Versuchen ermittelt hat. — Dies erklärt sich leicht dadurch, daß der Wasserdampf sogleich und nur dann erst in die Luft entweichen kann, wenn seine Elastizität die der Luft übersteigt, weil er vorher durch den stärkeren Luftdruck unten gehalten wird.

2) In einem Barometer (Luftdruckmesser) wird das Quecksilber sich ausdehnen, folglich höher steigen, oder sich zusammenziehen, folglich fallen, wenn es wärmer oder kälter wird, während der Luftdruck sich gar nicht geändert haben kann. Umgekehrt, steigt oder fällt der Barometer, während zu gleicher Zeit die Temperatur sich verändert, so ist dieses Steigen oder Fallen der vereinten Wirkung der Veränderung des Luftdrucks, in Verbindung mit der Veränderung der Temperatur zuzuschreiben. Will man daher die Veränderung des Luftdrucks genau wissen, so muß mit dem Barometer ein Thermometer in Verbindung stehen; nach der Veränderung des letzteren muß dann berechnet werden, um wie viel das Quecksilber im Barometer blos wegen der Wärmeveränderung gestiegen oder gefallen ist, und um so viel muß jedes Mal der beobachtete Stand des Ba-

rometers vermehrt oder vermindert werden, um die genaue Aenderung des bloßen Luftdruckes zu haben; d. h. es müssen alle gemachten Barometerbeobachtungen auf eine und dieselbe Temperatur reduzirt werden. — Dieß ist vorzüglich wichtig, wenn mit dem Barometer Höhenmessungen vorgenommen werden sollen. — Und weil ein Kubikzoll Quecksilber mehr wiegt, wenn es kälter ist, in so ferne dann in dem Raum des Kubikzolles mehr Stoff zusammengedrängt ist; weil ferner, wenn derselbe volle Kubikzoll Quecksilber wärmer wird, das Quecksilber sich ausdehnt, einen größeren Raum einnimmt, mithin über die Ränder des Kubikzolles über- und abfließen wird, — der volle Kubikzoll also jetzt um so viel weniger wiegt, — so muß auch das Gewicht eines Kubikzolles Quecksilber jedesmal für eine bestimmte Temperatur angegeben werden und namentlich für die Normaltemperatur, auf welche alle Barometerbeobachtungen reduzirt worden sind, wenn man aus dem gehörig reduzirten Barometerstand die Größe des Luftdruckes in Pfunden bestimmen will, welchen jeder Quadratzoll einer von der Luft berührten Fläche in Wahrheit erleidet.

3) Dieß letztere gilt natürlich auch z. B. vom Wasser. Wenn man sagt, daß ein preuß. Kubikfuß Wasser 66 (Berliner) Pfunde wiegt, so gilt dieß für eine Temperatur des Wassers von 14 Graden; ein Kubikfuß kälteres Wasser wiegt also etwas mehr, und ein Kubikfuß wärmeres etwas weniger. Es ist aber höchst merkwürdig, daß das Wasser bei einer Temperatur von $3\frac{1}{2}^{0}$ am dichtesten ist, so daß dann ein Kubikfuß davon am meisten wiegt, und daß es bei einer Erkaltung unter $3\frac{1}{2}^{0}$ bis zu 0^{0} hin, wieder mehr ausgedehnt ist, während doch bei jeder Erkaltung, nach dem vorher Gesagten, eine weitere Zusammenziehung, also Verdichtung stattfinden müßte. Welcher neue Umstand daran die Schuld hat, ist zur Zeit noch nicht entschieden.

4) Wenn Holz oder angefeuchteter Thon (oder Lehm) bei anhaltender Wirkung der Wärme sich nicht ausdehnen, sondern

im Gegentheil sich zusammenziehen und einen kleinern Raum einnehmen, so ist dieß natürlich daraus zu erklären, daß die Feuchtigkeit in dem Holz oder in dem Thon verdunstet, die Körper also wirklich an Stoff verlieren, der seinem Raum in ihnen eingenommen hatte. Diese Erscheinung widerspricht also der Behauptung, „daß die Wärme eine **Dehnkraft** sei," durchaus nicht.

Achte Vorlesung.

Freie Wärme. — Gebundene (latente) Wärme.

Man muß aber bei Betrachtung der Wärme stets mit Sorgfalt diejenige Wärme unterscheiden, welche fortwährend von Stofftheil zu Stofftheil übergeht, so lange der letztere weniger Wärme hat, als der erstere; diese Wärme geht auch an den Wärmemesser über, wenn seine Umgebung mehr Wärme hat, so daß dieser letztere wärmer wird und deshalb das Quecksilber in ihm steigt; oder sie geht von dem wärmeren Quecksilber in die kältere Umgebung über, so daß das Quecksilber diese Wärme verliert und daher fällt. Diese Wärme nennen wir die freie Wärme der Körper, und sie wird zuweilen auch die fühlbare Wärme genannt, eben weil sie auf einen andern Körper übergeht und dadurch in einem gewissen Sinne fühlbar wird; sie wird auch zuweilen thermometrische Wärme genannt, eben weil sie an dem Thermometer sichtbar wird. — Von dieser ganz verschieden ist die Wirkung der gebundenen Wärme, d. h. derjenigen Wärme, welche ein fester Körper bei seinem Uebergang aus dem festen in den tropfbar flüssigen Zustand gleichsam verschluckt hat, oder welche bei dem Uebergang eines tropfbar flüssigen Körpers in Dämpfe, gleichsam verbraucht worden ist; diese Wärme, die zum Erhalten des Körpers im flüssigen

oder im Dampfzustande nothwendig ist, hat sich mit den Stofftheilchen so innig verbunden, daß sie sich, obgleich in großer Menge vorhanden, nicht so leicht wieder von diesen Stofftheilchen losreißt, daher auch nicht an ein Thermometer übergeht und deshalb auch an selbigem nicht sichtbar wird; diese Wärme ist daher als fühlbare Wärme augenblicklich verloren gegangen. Es kann z. B. Wasser, welches vielleicht 10 Wärmegrade hat, in eine Luft gesetzt werden, die z. B. 18° Kälte hat; die freie Wärme des Wassers wird nach und nach an die Luft übergehen, bis das Wasser an den Gefrierpunkt kommt; ja es kann noch etwas mehr freie Wärme abgeben, so daß es einige Grade Kälte haben kann, ehe es in Eis übergeht, (sobald es nicht z. B. mit einem festen Körper berührt wird, sondern ganz ruhig steht); sowie aber die Eiskrystalle anschießen und das Wasser in Eis übergeht, zeigt sich sofort eine nicht unbedeutend größere (fühlbare, thermometrische d. h.) freie Wärme, welche nur nach und nach an die umgebende, viel kälter vorausgesetzte Luft übergeht, so daß die Temperatur (der Wärmezustand) des zu Eis gewordenen Wassers zuerst wieder auf 0° zurücktritt, dann aber sich fortwährend der kälteren Temperatur der umgebenden Luft nähert und zuletzt, wenn auch erst nach einer längeren Zeit, die Temperatur der Luft selbst angenommen hat. — Die gesammte, in dem zu Eis gewordenen Wasser, gebunden, d. h. zur Erhaltung des flüssigen Zustandes, mit dem Stoffe innigst verbunden gewesene Wärme, wird also plötzlich frei, d. h. sie tritt plötzlich aus dem Wasser heraus und zwar in verhältnißmäßig großer Menge, und theilt sich sogleich der kälteren Umgebung wieder mit, und in dieser Mittheilung erkennen wir eben den Charakter der freien Wärme. — Ebenso kann ein Wasserdampf, der sich bei 80° Wärme aus dem Wasser entwickelt, noch weiter erhitzt werden, d. h. er kann noch freie Wärme in sich aufnehmen, wird aber auch dieselbe an eine etwas kältere Umgebung sogleich wieder abgeben, soweit das

Gesetz der Vertheilung der Wärme es verstattet; — ist aber seine Umgebung kälter als 80° Wärme, so wird er, sobald sein niedrigster Wärmegrad erreicht ist, einige Zeit vielleicht noch etwas Wärme mehr abgeben, dann aber, plötzlich längs der gesammten kälteren Umgebung wieder in Wasser übergehen und dabei die Umgebung selber nicht unbedeutend erwärmen, weil alle die Wärme, welche in ihm mit den Wassertheilchen auf das Innigste verbunden war, um die Dampfform bleibend zu machen, jetzt plötzlich frei wird, d. h. weil diese gesammte und nicht geringe Wärme jetzt plötzlich aus dem Dampfe heraustritt und in die Umgebung übergeht.

Bei dem Uebergange eines festen Körpers in seinen flüssigen Zustand, oder eines flüssigen Körpers in seinen Dampfzustand, wird also allemal der nächsten Umgebung eine größere Menge Wärme entzogen und gleichsam verbraucht, so daß sie als fühlbare Wärme verloren geht, die Umgebung wird also in demselben Augenblicke bedeutend kälter; umgekehrt aber, bei dem Zurücktreten des dampfförmigen Zustandes in den tropfbar flüssigen, oder des letzteren in den festen Zustand, wird die gebundene Wärme, welche den lockerern Zustand bisher bleibend gemacht hat, plötzlich wieder frei, und die Umgebung wird erwärmt.

Jeder meiner hochgeehrten Zuhörer kann leicht folgende Versuche nachmachen.

Erster Versuch. Man lege ein größeres Stück Eis in ein Gefäß und setze solches über ein Kohlenfeuer oder über eine Spirituslampe; das Eis wird anfangen zu schmelzen, und das Wasser über dem erhitzten Boden des Gefäßes wird sogleich (mittelst eines gewöhnlichen Badethermometers) eine Temperatur von 0° zeigen; trotzdem aber, daß das Gefäß noch fortwährend erhitzt wird, wird zwar das Schmelzen des Eises fortdauern, aber die Temperatur des Wassers über dem erhitzten Boden des Gefäßes wird doch stets auf 0° stehen bleiben und sich nicht vergrößern, und dieß wird fortdauern, bis alles Eis geschmolzen

ist; dann erst wird bei fortgesetzter Erhitzung des Gefäßes, auch die Temperatur des Wassers steigen. Bis dahin ist also alle vom Kohlenfeuer oder von der Flamme an das Gefäß gekommene Wärme von dem zu Wasser werdenden Eise verschluckt, verbraucht, und in dem Wasser als gebundene Wärme aufgenommen worden. Dieselbe Wärmemenge wird also das Wasser auch wieder abgeben, in dem Augenblick, wo es sich ganz wieder in Eis verwandelt. — Dauert nun die Erhitzung des Gefäßes fort, so wird das Wasser nach und nach eine Wärme von 80° erreichen, dann zu kochen d. h. in Dampf sich zu verwandeln, beginnen, dann aber, — obgleich die Heizung fortgesetzt wird und so lange fortgesetzt werden kann, bis alles Wasser aus dem Gefäße verschwunden ist, — doch stets dieselbe Wärme von 80° behalten und nicht wärmer werden; der sich entwickelnde Wasserdampf wird dicht über der Oberfläche des Wassers, ebenfalls nur eine Wärme von 80° zeigen; alle die, vom Anfang des Kochens bis zum völligen Verdampfen, von außen an das Wasser getretene Hitze ist also vom Wasser verschluckt worden und in dem Dampfe als gebundene Wärme enthalten. Alle diese Wärme wird demnach wieder frei, sowie der gesammte Wasserdampf, welcher sich aus dem Wasser entwickelt hat, wiederum in Wasser übergeht. — Daß der Dampf selbst wieder erhitzt werden und also auch dann eine Wärme annehmen kann, welche 80° mehr oder weniger übersteigt, versteht sich von selbst.

Zweiter Versuch. Legt man ein Pfund Eis in einem erwärmten Zimmer in ein Gefäß, — wartet man bis dasselbe die Temperatur 0 zeigt, und gießt man dann $\frac{3}{4}$ Pfund kochendes Wasser oder ein ganzes Pfund Wasser, welches bis auf 60° erhitzt ist, hinzu, so daß das Eis sich in Wasser verwandelt, so hat die ganze Mischung unmittelbar nach dem Schmelzen des Eises, genau noch dieselbe Temperatur von 0°, welche das Eis vorher hatte; die Wärme des heißen Wassers ist also als thermometrische

Wärme verschwunden; sie ist aber in dem aus dem Eise gewordenen Pfund Wasser als gebundene Wärme vorhanden und tritt sogleich wieder als freie oder thermometrische Wärme heraus, sowie ein Pfund Wasser wiederum dem Gefrieren ausgesetzt wird, und ist ganz herausgetreten, sobald das Wasser ganz sich in Eis verwandelt hat. — Einen ähnlichen Versuch kann man mit Wasserdampf anstellen, der mittelst einer Röhre unmittelbar von dem Gefäße aus, in welchem er sich entwickelt, in ein zweites Gefäß geleitet wird, welches verschlossen und zum Theil mit Wasser gefüllt ist; ein Pfund Wasserdampf von 80° Wärme erhitzt 5½ Pfunde Wasser, in welches er als Wasser wieder aufgenommen wird, von 0° bis zu 80° d. h. bis zum Kochen, so daß die ganze Mischung von 6½ Pfund dieselbe Temperatur von 80° hat, welche der Dampf (1 Pfund) allein schon hatte; diese große Erhitzung der 5½ Pfunde Wasser rührt also ganz allein von derjenigen Wärme her, welche der Wasserdampf als gebundene Wärme in sich hielt.

Dieser Unterschied zwischen freier und gebundener Wärme erklärt eine große Anzahl von Natur-Erscheinungen. — Wenn im Sommer ein Zimmer mit Wasser besprengt wird, — da das Wasser schon bei jeder Wärme langsam verdunstet, — so wird bei dem Verdunsten eine Menge Wärme in dem entstehenden Dunst (Dampf) gebunden, also der umgebenden Luft entzogen, und das Zimmer kühlt sich daher ab. Eben so fühlen wir eine Abkühlung im Gesicht, nach jedem Waschen desselben, selbst, wenn es mit warmen Wasser geschehen ist.

Um zu finden, woher der Wind kommt, macht man den ganzen Finger feucht und hält ihn in die Luft; auf der Seite, auf welcher man zuerst Kälte fühlt, geht die Feuchtigkeit zuerst in die Luft über, und man schließt daher mit einigem Recht, daß von dieser Seite her, der Wind komme. — In einer kalten Nacht erfrieren Gewächse, welche vom Ufer eines Flusses weiter abliegen, während dieselben Gewächse dicht am Ufer, obgleich

das Wasser sich mit einer dünnen Lage Eis bedeckt hat, gleichzeitig **nicht** erfrieren; sie verdanken ihre Rettung der im Wasser gebunden gewesenen Wärme, welche bei dem Uebergang in Eis frei geworden und an die nächste umgebende Luft herausgetreten ist.

Umgekehrt: hat es geregnet, so verdampft das Regenwasser am feuchten Boden, dazu wird Wärme verbraucht (gebunden); die Umgebung wird also kühler. Oder: fangen im Mai in der Ostsee die Eisberge an zu schmelzen, so wird zu diesem Prozeß eine große Menge der Wärme der angrenzenden Luft verbraucht und in dem geschmolzenen Eise gebunden; die angrenzende Luft erkältet sich also gleichzeitig bedeutend, und da die Wärme sich auszugleichen strebt, so empfindet man in ziemlich weiter Ferne davon, noch die Folge dieser Erkältung, und daher erklärt sich die alljährlich wiederkehrende Kälte, welche Mitte Mai in unseren Gegenden wahrgenommen wird, und welche der Volksglaube gerade auf die Tage der Heiligen, Pankratius, Mamertus, Servatius (und Bonifazius) verlegt.

Der Thau, den wir oft zur heißesten Sommerszeit am Morgen auf den Fluren wahrnehmen, und der, von der Sonne beschienen, im mannigfaltigsten Farbenspiel prangend, uns entzückt, — ist eine Folge des Abgebens der Wärme von Seiten der Erdoberfläche während der Nacht; ist dadurch eine hinlängliche Abkühlung erreicht, so vermag sich die in der Luft vorhandene Feuchtigkeit an der Erdoberfläche nicht mehr als Dampf zu erhalten; dieser Wasserdunst geht also in Wasser über und erscheint dann auf den, den Boden bedeckenden Pflanzen als Thau. Am Morgen, wenn die Erde längst schon wieder von der Sonne beschienen wird, bleibt es dann, trotz der brennenden Sonnenstrahlen, oft bis weit in den Tag hinein noch kühl, weil bei dem Verdunsten des Thau's wiederum eine Menge Wärme verbraucht und in dem sich bildenden Wasserdampfe **gebunden** wird.

Will man nicht kalte Füße bekommen, so muß man die Sohlen der Schuhe nicht feucht werden lassen; sind sie feucht geworden, so fängt diese Feuchtigkeit wieder zu verdunsten an, und bei dieser Gelegenheit muß dann auch der Fuß seinen Theil der Wärme hergeben, welche in dem Wasserdampf gebunden wird. Noch mehr Beispiele mögen übergangen werden.

Neunte Vorlesung.

Freie leitende und freie strahlende Wärme.

Betrachten wir nun die freie Wärme noch etwas näher. — Sie geht im Innern der Körper stets von wärmeren Stofftheilchen zu den kälteren über, braucht dazu eine gewisse Zeit und ruht nicht eher, als bis völliges Gleichgewicht eingetreten ist; sie geht aber auch von einem Körper zu einem anderen über, der ihn berührt, von diesem wieder in einen dritten berührenden u. s. w. f. — Diese Wärme nennt man die leitende Wärme. — Von der Oberfläche eines wärmeren Körpers strahlt aber gleichzeitig oft eine große Menge Wärme aus, geht durch gewisse Körper, z. B. durch die Luft, durch Steinsalz u. dgl. mit großer Schnelligkeit durch, ohne dabei merklich viel an diese Körper abzusetzen, bis sie, oft erst in großer Entfernung, einen Körper findet, der sie nicht mehr so rasch durch sich durchgehen läßt, sondern der sie an seiner Oberfläche in sich aufnimmt und dann nur mit der Langsamkeit der leitenden Wärme nach seinen kälteren Theilchen hin sie fortgehen läßt. Diese strahlende Wärme ist, wenn sie groß genug wird, häufig von der Erscheinung begleitet, die wir Licht nennen, und welche in vielen Fällen Feuer genannt wird; sehr häufig aber ist sie nur eine dunkle strahlende Wärme. Zu der ersteren Gattung (der

leuchtenden, strahlenden Wärme) gehört z. B. auch die strahlende Wärme, welche in den Sonnenstrahlen zu uns gelangt; zu der letzteren Gattung (der dunkel strahlenden Wärme) gehört z. B. diejenige, welche uns ein gut geheizter Kachelofen in der Ferne schon zusendet. Zu der ersteren Gattung dagegen gehört wieder diejenige strahlende Wärme, welche von einer Kohlenglut ausgeht, oder von einem, durch starke Heizung glühend gewordenen eisernen Ofen. — Die strahlende Wärme hat in ihrem Fortschreiten überhaupt die größte Aehnlichkeit mit dem Fortschreiten des Lichtes, so daß wir versucht werden könnten das Licht für nichts anderes zu halten, als eine, in sehr großer Menge vorhandene strahlende Wärme. Daß Phosphor, faules Holz und andere Körper bei Nacht leuchten, ohne gerade viel Wärme von sich zu geben, — daß eine Platinakugel so heiß sein kann, wie das Licht, welches sie heiß gemacht hat, ohne deshalb zu leuchten, und erst bei viel größerer Hitze glühend, d. h. leuchtend wird, würde sich vielleicht noch aus anderen Gründen erklären lassen; aber ein Umstand ist vorhanden, welcher uns die gewagte Annahme zu machen verbietet; mehrere Stoffe nämlich, und namentlich Steinsalz, lassen die strahlende Wärme fast ungehindert und augenblicklich durch sich durchgehen, das Licht aber nicht; während andere Stoffe, z. B. Glas, das Licht ebenso schnell durch sich durchgehen lassen, aber nicht die strahlende Wärme.

Der leitenden Wärme setzen verschiedene Stoffe verschiedenen Widerstand entgegen. Manche Stoffe, z. B. Stroh, Kohle, Seide, thierische Wolle, Pelze u. dgl. leiten die Wärme nur sehr langsam durch sich hindurch, so wie sie dieselbe auch nur sehr ungern an der Oberfläche in sich aufnehmen; zu diesen gehört namentlich auch die Luft, vorausgesetzt, daß sie stillsteht, wie z. B. zwischen dem inneren Fenster und dem Vorfenster, wenn sie beide möglichst luftdicht verschlossen sind. — Solche Stoffe werden schlechte Wärmeleiter genannt; sie lassen

aber die empfangene Wärme auch wieder eben so langsam an die berührende Nachbarschaft ab; sie sind daher in doppelter Beziehung gute Wärmehalter. Andere Stoffe dagegen, wie Leinwand, Glas, Wachs, die meisten Metalle, namentlich Eisen, Quecksilber u. s. w. leiten die Wärme viel schneller in sich fort und geben sie auch an die nächstberührenden Körper wieder ab; sie werden gute Wärmeleiter genannt, sind aber dafür schlechte Wärmehalter.

Wird die Wärmeleitungsfähigkeit des Goldes durch die Zahl 1000 ausgedrückt, so ist die des Platina 981, des Silbers 973, des Kupfers 908, des Eisens 400, des Zinks 363, des Zinnes 304, des Bleies 180, des Marmors dagegen nur 24, des Porzellans nur 12 bis 20 und der gebrannten Ziegel gar nur 11.

Die Leitung der Wärme geht überhaupt nur sehr langsam von Statten, wenn sie auch, wie wir soeben gesehen haben, in manchen Körpern viel schneller vor sich geht, und z. B. im Golde 90mal so schnell als in einem gebrannten Ziegel. — Die tägliche Sonnenwärme zu Paris ändert die Temperatur des Bodens nur auf eine Tiefe von 3 Fußen, so daß in einer Tiefe von 4 Fußen, am Tage wie in der darauf folgenden Nacht die Wärme stets dieselbe bleibt. Dagegen erwärmt die, alle Tage sich wiederholende Sonnenwärme eines ganzen Sommers wegen der längeren Tage und der kürzeren Nächte, den Boden viel tiefer und bei gleicher Tiefe nach und nach immer mehr. Bei einer Tiefe von 3 Fußen hat der Boden erst nach 35 Tagen Sommersonnenschein, seine größte Wärme; die weiteren Tage der Sonnenwärme geben dann den tiefer liegenden Stellen ihre größte Wärme; und alle 6 Sommermonate hintereinander sind nöthig, um dem Boden in einer Tiefe von ungefähr 26 Fußen seine größte Wärme zu geben; während dieselbe Zeit des Sonnenscheins, also die ganze Sommer-Wärme zu Paris, den Boden in einer Tiefe von etwa 100 Fußen nicht mehr erreicht,

so daß in dieser Tiefe im Sommer wie im Winter stets dieselbe Temperatur herrscht. — In den 90 Fuß tief liegenden Kellern der Pariser Sternwarte ändert sich die Temperatur im ganzen Jahre kaum um $\frac{1}{10}$°; sie haben eine constante Wärme von $9\frac{3}{10}$° bis $9\frac{4}{10}$°. — Diese letzteren Angaben beziehen sich auf Paris; sie würden natürlich, den Zahlen nach, sich ändern, wenn man Beobachtungen aus wärmeren oder aus kälteren Gegenden anzuführen hätte. In Sibirien z. B., wo die Erde im Sommer wie im Winter, bei 3—4—5 Fuß Tiefe stets gefroren gefunden wird, und wo die Gesammt-Sommerwärme eine viel geringere als zu Paris ist, kann auch die Tiefe nur viel geringer sein, bis zu welcher überhaupt die Gesammt-Sommerwärme noch merklich wird. — Es kam hier nur darauf an, die Thatsache zu constatiren, daß sich die Wärme im Allgemeinen nur sehr langsam verbreitet (durch Leitung), daß diese Langsamkeit aber bei gewissen Körpern eine noch größere ist, als bei anderen. — Eine Plätterin weiß recht gut, daß, wenn der Bügel ihres Plätteisens (Bügeleisens) ebenfalls von Eisen ist, dieser letztere von dem glühenden Bolzen schneller, als sich letzterer abkühlt, zu heiß und ihren Häuden unangenehm wird, während ein um den Bügel gehendes Heft von Holz nicht so schnell die Hitze annimmt, und deshalb nie unerträglich heiß wird, insofern der Bolzen schneller abkühlt, als Zeit nöthig ist, um die den Händen unerträgliche Hitze, im Holze angehäuft zu haben. — Ein eiserner Ofen wird viel schneller heiß, aber auch viel schneller wieder kalt, als ein Kachelofen, wenn man letzteren auch eben so dünn machen wollte. — In einem heißen Klima sind steinerne Wohnungen mit Fußboden von Marmor oder gebrannten Ziegeln diejenigen, welche die Wärme am wenigsten schnell, also während eines ganzen Tages Sonnenscheins überhaupt am wenigsten durchlassen, also für die Bewohner die behaglichsten sind; während im nördlichen Rußland die hölzernen Häuser für die behaglichsten, nämlich für die wärmsten gehalten

werden, indem man sie im Winter noch mit dicken Lagen von Holz oder von schlechteren Wärmeleitern umgiebt, damit sie die künstliche Wärme des Ofens nicht so schnell durchlassen, als im Sommer, ohne diese Winterhüllen, die Sonnenwärme durchgeht.

Es ist nicht nöthig, die strahlende Wärme für eine andere zu halten als die leitende. Vermöge der Eigenschaft der Wärme, Dehnkraft zu sein, braucht sie im Innern mehr Zeit um die Ausdehnung der Stofftheilchen zu Stande zu bringen, während sie an der Oberfläche, wenn sie Stoffe findet, welche sie durchlassen, ohne besondere Neigung zu haben sie in sich aufzunehmen, ihre Dehnkraft ungehindert übt und deshalb mit der größten Schnelligkeit vorrückt, bis sie einen Körper findet, der sie nicht mehr so rasch durch sich hindurch gehen läßt, und dessen Stofftheilchen sie also nach und nach, wie sie auf einander folgen, wieder langsam ausdehnt.

Die strahlende Wärme benimmt sich, sobald sie auf einen Körper aufstößt, der sie nicht mehr so rasch durch sich hindurch gehen läßt, — wie ein elastischer Körper, z. B. wie eine Billardkugel, welche gegen die Bande des Billards hingestoßen wird. Wird die Kugel von der einen Seite schief gegen die Bande gestoßen, so läßt sich mathematisch beweisen, daß sie nach der andern Seite hin unter demselben Winkel von der Bande abprallen muß, unter welchem die Kugel gegen die Bande gestoßen wurde; wird sie senkrecht gegen die Bande gestoßen, so prallt sie auch senkrecht in die Hand des Spielers wieder zurück. Gerade so ist es auch mit den Wärmestrahlen (wie auch mit den Lichtstrahlen), nur daß, von der ausstrahlenden Oberfläche nicht ein, sondern unendlich viele solcher Strahlen neben, über und unter einander hinziehen und eine Wellenbewegung bilden, ähnlich der, welche die Oberfläche eines stillen Wassers zeigt, sobald ein Stein hineingeworfen wird, — die so lange sich wiederholt, als überhaupt ein Ausstrahlen der Wärme statt-

findet. Stoßen nun diese Wärme-Wellen sehr schief auf die Oberfläche eines Körpers auf, so werden sie auch sehr schief gegen dieselbe nach der andern Seite hin zurückgeworfen, so daß dieses Zurückprallen von den neuankommenden Wellen nicht sehr gehindert wird. Je senkrechter aber diese Wärme-Wellen aufstoßen, desto senkrechter werden sie auch zurückgeworfen, so daß die neu ankommenden Wellen die zurückgeworfenen auch bedeutender aufhalten und zwar desto mehr, je senkrechter sie einfallen. In dem letztern Fall wird also die strahlende Wärme länger an der Oberfläche des getroffenen Körpers aufgehalten, und dadurch mehr veranlaßt, als leitende Wärme in den Körper selbst überzugehen. — So erklärt es sich, daß ein von den Wärmestrahlen getroffener Körper, in derselben Zeit desto mehr Wärme in sich aufnimmt, je senkrechter diese Wärmestrahlen auf ihn fallen, und desto weniger erwärmt wird, je schiefer die Wärmestrahlen gegen seine Oberfläche einfallen.

So erklärt es sich, warum die von der Sonne kommenden Wärmestrahlen um die Mittagszeit, wo sie weniger schief auf den Horizont auffallen, wärmer machen, als am Morgen oder am Abend; und, wenn man die verschiedenen Mittagszeiten mit einander vergleicht, warum sie im Juli, wo die Sonne Mittags bei uns am höchsten steht, wärmer machen, als im Dezember, wo sie Mittags am niedrigsten steht. — Die von der Erde aufgenommene Wärme der Sonne theilt sich dann auch nach und nach der zunächst liegenden Luft durch Leitung mit, sowie sie durch letztere auch strahlend hindurchgeht, um von entfernteren Körpern durch Leitung aufgenommen zu werden; die höher liegende Luft würde weniger von dieser Wärme abbekommen, weil die Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist und die Wärme, als strahlende, leicht durch sich durchgehen läßt, stiege nicht die erwärmte Luft, als die leichtere, in die Höhe, während die kältere sich senkt. — Das Ausstrahlen der Wärme aus der Erde wird übrigens, wie natürlich, in der Nacht am meisten fühlbar. —

Daß aber höher gelegene, und oft weit ausgedehnte Landstrecken im Durchschnitt viel weniger Wärme haben, als tiefer gelegene, — daß an sehr hoch gelegenen Stellen ein ewiger Schnee liegt, — dieß muß uns heute noch ein Räthsel bleiben, da das Hochland eben so die Wärme der Sonnenstrahlen in sich aufnimmt, wie das Tiefland, und außerdem noch fortwährend die am Tieflande erwärmte Luft, als die leichtere, in die Höhe steigt, und eben deshalb auch an den Lehnen der Gebirge fortwährend ein wärmerer Luftstrom in die Höhe zieht. Wir werden aber in einer späteren *) Vorlesung den wahren Grund der größeren Kälte eines Hochlandes noch kennen lernen.

Betrachten wir jetzt noch einige andere Folgen der Erwärmung und der Abkühlung, d. h. der Ausdehnung durch die Wärme und des Zusammenziehens der Körper vermöge des Entweichens der Wärme.

Die Wärme, welche unser Körper empfängt und in sich fortleitet, dehnt auch ihn aus, und in dieser Ausdehnung liegt eben das behagliche Gefühl der Wärme oder das unbehagliche der Hitze, je nachdem der Grad der Ausdehnung dem Körper nöthig oder schädlich ist. Eben so zieht sich unser Körper wieder zusammen, wenn Wärme aus ihm in die Umgebung übergeht, und wenn diese Abgabe zu groß ist, so haben wir das unangenehme Gefühl, welches wir die Kälte nennen.

Im Innern des Menschen (und Thiers) wird übrigens fortwährend die nöthige Wärme durch den chemischen Ernährungsprozeß erzeugt, der vom Athmen ausgeht; das Blut wird dadurch stets auf einer Wärme von 30—32° erhalten, indem mehr Wärme erzeugt wird, sobald die kältere Umgebung ihm mehr Wärme entzieht, und umgekehrt.

Stellt man ein Wasserglas oder einen Porzellantopf auf eine heiße Platte, so wird der Boden des Gefäßes bald sehr

*) (In der 21sten.)

bedeutend ausgedehnt, während die Wände des Gefäßes viel langsamer und später erhitzt werden; letztere werden daher gleichzeitig viel weniger ausgedehnt als der Boden; der Boden wird sich also bald ablösen und das Gefäß wird zersprungen sein. Legt man aber dasselbe Glas in einen Topf mit kaltem Wasser und macht man dann das Wasser kochend, so wird das Glas nicht zerspringen, denn es wird von dem allmählig, ziemlich gleichmäßig sich erhitzenden Wasser auch gleichmäßig ausgedehnt. — Nimmt man aber das so erhitzte Glas heraus und setzt es mit dem Boden auf eine geebnete Eisfläche in gewöhnlich erwärmter Stubenluft, so wird es wieder zerspringen, denn es zieht sich jetzt der Boden schneller zusammen, als die an ihn grenzenden Wände, und die Trennung desselben muß erfolgen. — Gläser, welche bei ihrer Fabrikation nicht mit der größten Sorgfalt in entsprechend erhitzter Luft möglichst gleichmäßig abgekühlt werden, zerspringen vor ihrem Gebrauche, und andere doch bald bei ihrem Gebrauche. — Lampenschornsteine vertragen daher in der Regel viel mehr, wenn sie vor ihrem Gebrauche in einem Topfe mit Wasser gekocht und dann in dem Wasser bleibend, zugleich mit dem Wasser wieder abgekühlt werden. — Geschmolzene Steinmassen (Lava), welche aus dem Innern der Erde heraustreten und über der Erde hinfließen, werden bei der Abkühlung und bei ihrem Festwerden zu gleicher Zeit sich zerklüften, weil sie sich bei der Erkaltung zusammenziehen und dann da von einander sich trennen, wo die Festigkeit noch nicht erreicht, das Losreißen der Theile demnach erleichtert ist. An den steilen Außenwänden solcher Massen werden ringsherum in der, noch nicht ganz festen Masse ebenfalls Einrisse entstehen, während die weitere Zusammenziehung, und die anfänglich auf die noch flüssige Masse mit Erfolg wirkende Anziehungskraft, den, zwischen zwei Einrissen befindlichen, verhältnißmäßig kleinen Theil zusammenzieht, der zugleich nach Außen zu abgerundet wird; die äußeren steilen Abhänge solcher erkalteten, geschmolzen gewesenen Steinmassen zeigen des-

halb in der Regel eine Cannelirung auf ihrer Außenseite, wie solche oft besonders schön an den heraustretenden einzelnen Basaltfelsen sichtbar wird.

Eine der merkwürdigsten Thatsachen, die wir nicht mit Stillschweigen übergehen können, ist die, daß die Wärme aus einem Körper gleichsam herausgedrückt werden kann, oder daß ein Körper auf seiner Oberfläche oft große Wärme zeigt, wenn er mehr oder minder heftig gerieben wird. Die Wilden in Westindien rieben zwei trockene Holzstücke mit Heftigkeit gegen einander, wenn sie Feuer haben wollten. Die hölzerne Achse eines Wagens fängt an zu brennen, wenn stark gefahren und nicht gehörig geschmiert wird. Ein Bohrer, mit welchem man ein Loch durch ein Brett bohrt, wird bedeutend warm; eben so die Säge bei'm Holzschneiden. Eisen, welches kalt, längere Zeit gehämmert wird, erwärmt sich dabei*). Vor einigen 30 Jahren kamen sogenannte pneumatische Feuerzeuge auf; sie bestanden in einer auf beiden Seiten offenen, etwa 3 Zoll langen und ½ Zoll dicken metallenen Röhre, in welche ein Stempel luftdicht hineinpaßte; ein Boden, auf welchen der Schwamm gelegt wurde, verschloß durch eine Drehung das eine Ende der Röhre luftdicht, in das andere Ende wurde dann der Stempel gesteckt und mit Gewalt hinein geschlagen (gegen einen Tisch oder gegen eine Holzwand); durch dieses heftige Zusammenpressen der Luft entzün-

*) Wenn das Meerwasser nach einem heftigen Sturm eine nicht unbedeutend größere Wärme zeigt, so kann dieß auch nur dem Umstande zugeschrieben werden, daß während des Sturmes die Wassertheilchen mehr an einander sich gerieben haben und daß durch diese Reibung Wärme sich erzeugt hat. Seit einem Jahre hat man auch durch eigends dazu angestellte Versuche außer Zweifel gestellt, daß flüssige Körper, an einander gerieben, ebenso Wärme erzeugen, als zwei feste es thun.

dete sich der Schwamm, wie sich zeigte, wenn man den Boden schnell aufdrehte.

Diese Erscheinungen sind zur Zeit noch nicht hinreichend erklärt. In dem letzteren Fall, könnte man sagen, daß die in der Luft gebundene Wärme, wodurch die Luft in ihrem Gaszustand erhalten wird, — d. h. der Körper so ausgedehnt wird, daß er eben in Gasform uns erscheint, — muß frei werden, sobald durch das heftige Zusammenpressen diese Ausdehnung so bedeutend vermindert wird; dasselbe kann man aber nicht bei geriebenen oder gehämmerten festen Körpern sagen. — Und da andere Körper, wie z. B. Harz oder Glas, wenn sie gerieben werden, zwei entgegengesetzte, eigenthümliche Kräfte zeigen, welche die beiden Elektrizitäten genannt werden, so möchte man lieber alle in diesen Fällen sich zeigenden Wärme-Erscheinungen mit diesen elektrischen Kräften in Verbindung bringen, und zwar um so lieber, als bei der Vereinigung dieser beiden entgegengesetzten Elektrizitäten, der elektrische Funke (der Blitz) entsteht, welcher eine so hohe Wärme enthält, daß man damit den Diamant verflüchtigt (in Dampf verwandelt), was bis jetzt durch keine andere künstliche Hitze erreicht worden ist; ja wir haben bis jetzt keine künstliche Hitze hervorbringen können, die ihn nur zum Schmelzen gebracht hätte, während doch zum Verdampfen noch mehr Hitze erforderlich ist, als zum Schmelzen. Doch bin ich nicht Willens, diese letztere Ansicht von der durch Reibung sich zeigenden Wärme, zu vertreten, obgleich sie sehr viel für sich hat.

Schließlich muß ich noch anführen, daß zwei Stoffe in der Regel eine verschiedene Wärme-Capacität haben, d. h. die an beide gleiche Stoffmengen hinzutretende gleiche Wärmemenge erhöht die Temperatur der einen mehr als die der anderen, bloß wegen der Verschiedenheit der Stoffe. Eine und dieselbe Sonnenwärme, welche die hölzerne Thüre und die metallene Thürklinke gleichzeitig trifft, kann die letztere so heiß machen, daß man sich bei ihrem Berühren beinahe an der Hand brennt,

während das dicht daran liegende und eben so stark von der Sonne beschienene Holz bei weitem keine so große Wärme zeigt. Bringt man 1 Pfund Wasser von 10° Wärme und 1 Pfund Quarzsand (Kiesel-Erde) von 10° Wärme, zusammen in ein durchgerührtes Gemenge, so wird letzteres nicht, wie erwartet werden sollte, 10° Wärme zeigen, sondern mehr als 15°, obgleich keine chemische Verbindung beider Stoffe, des Wassers und des Quarzes, zu einem neuen Stoff, stattgefunden hat (bei einer chemischen Verbindung wird nämlich die Temperatur stets verändert, und fast immer erhöht, was aber einem anderen Grunde zugeschrieben werden muß); ein Grad von der Wärme des Wassers vermehrt nämlich die Wärme des Quarzsandes um viel mehr, daher erklären sich die mehr als 15° Wärme des Ganzen als die ausgeglichene mittlere Wärme. Dieß führt zu dem Begriff der „specifischen Wärme;" man versteht darunter die Wärme-Menge, welche 1 Pfund Stoff verschluckt, um einen Grad wärmer zu werden.

Von zwei gleichen Stoff-Mengen, die verschiedenen Stoffes sind, und welche gleiche Temperatur zeigen (d. h. welche den Thermometer auf gleiche Höhe bringen), wird daher diejenige, welche eine größere „specifische Wärme" hat, im Ganzen mehr Wärme in sich aufgenommen haben, als die andere, welche die kleinere „specifische Wärme" hat. Wenn wir daher sagen: „diese beiden Körper sind jetzt gleich warm," so heißt dieß nichts weiter, als wenn sich beide berühren, so giebt jeder an den andern gleich viel leitende Wärme ab; sagen wir aber: „der Eine sei wärmer als der Andere," so verstehen wir nichts weiter darunter, als der Eine giebt an den Andern mehr Wärme ab, als er von ihm empfängt, wenn nämlich beide mit einander in Berührung gebracht werden. Nie ist dabei von der Wärme-Menge die Rede, welche jeder der beiden gleich warm genannten Körper aufgenommen haben muß, um zu seiner thermometrischen Wärme zu gelangen.

Zehnte Vorlesung.

Nähere Bestimmung des Begriffes der Dichtigkeit und des Eigen- (specifischen) Gewichtes der Stoffe. — Einige allgemeine Gesetze der Wirkung von Kräften. — Begriff des Schwerpunkts.

Bevor ich weitere Folgen der Wärme ins Auge fasse, wolle man mir erlauben, in der heutigen Vorlesung erst noch einige Zwischenbetrachtungen anzustellen, um einige Begriffe näher festzusetzen, die uns im Verlaufe vorhergehender Vorlesungen bereits in den Weg getreten sind und die in der Folge noch öfter vorkommen werden; ich meine zunächst die Begriffe der Dichtigkeit und des Eigengewichts (des specifischen Gewichts) oder, wie man im gewöhnlichen Leben häufig sagt, des leichteren und des schwereren in den Stoffen. Man sagt z. B. gewöhnlich: Holz sei weniger schwer als Eisen, Wasser sei leichter als Quecksilber und letzteres wieder leichter als Gold; man versteht darunter, daß ein Stück Holz weniger Gewicht hat, als ein dem Raume nach gleich großes Stück Eisen, oder daß ein Kubikzoll Wasser weniger wiegt als ein Kubikzoll Quecksilber, und dieser wieder weniger als ein Kubikzoll Gold. Blei wird schwerer genannt als Eisen, weil ein Kubikzoll Blei mehr wiegt als ein Kubikzoll Eisen.

Wenn man aber sagt, Quecksilber sei 14mal schwerer als Wasser, so versteht man darunter, daß ein Stück Quecksilber 14mal so viel wiege, als ein dem Raume nach gleich großes Stück Wasser; die Zahl 14 wird das Eigengewicht oder das specifische Gewicht des Quecksilbers genannt, während man das specifische Gewicht des Wassers durch die Zahl 1 auszudrücken pflegt. Weiß man also das specifische Gewicht irgend eines Stoffes, — weiß man z. B. daß das specifische Gewicht des Goldes 19 ist, so kann man augenblicklich das Gewicht

eines Kubikfußes Gold berechnen; denn es ist das 19fache von dem Gewichte eines Kubikfußes Wasser, d. h. 19 mal 66 oder 1254 Pfund, und da der Kubikfuß 12 mal 12 mal 12 d. h. 1728 Kubikzolle hat, so findet sich daraus das Gewicht eines Kubikzolles Gold, nämlich $23\frac{1}{4}$ Loth. — Und wenn man weiß, daß das specifische Gewicht des Tannenholzes $\frac{9}{10}$ ist, so folgt daraus sogleich, daß ein Kubikfuß dieses Tannenholzes, $\frac{9}{10}$ von dem wiegt, was ein Kubikfuß Wasser, also $\frac{9}{10}$ von 66 Pfund, d. h. $59\frac{2}{5}$ Pfund. — Verschafft man sich daher eine Tabelle der specifischen Gewichte der verschiedenen Stoffe, wie solche die Physiker ausgemittelt haben, so ist es sehr leicht, mittelst dieser Zahlen das Gewicht eines Kubikfußes oder eines Kubikzolles eines jeden dieser Stoffe zu berechnen. Ja, man kann dann auch umgekehrt z. B. aus dem so berechneten Gewicht eines Kubikzolles Eisen (dessen specifisches Gewicht $7\frac{1}{2}$ ist), wenn man irgend ein vorliegendes Stück Eisen wirklich auf der Wage wiegt, durch einfache Division berechnen, wie viel Kubikzolle dieses Stück Eisen enthält, eine so unregelmäßige Gestalt es auch immer nur haben mag. — Für das bürgerliche Leben ist dieß in vielen Fällen von großer Wichtigkeit; soll z. B. ein in Holz ausgearbeitetes Modell, in Messing gegossen werden und will man die Kosten vorher überschlagen, so berechnet man sich die Anzahl der Kubikfuße, die das Modell hat, multiplicirt solche mit 66, so hat man das Gewicht eines gleich großen Stückes Wasser in Pfunden ausgedrückt; multiplicirt man dann diese Zahl noch mit derjenigen, welche das specifische Gewicht des Messings ausdrückt, so hat man das Gewicht des noch zu gießenden Körpers, in Pfunden. — Ferner: wenn man weiß, daß ein Kubikfuß einer gewissen Luft $1\frac{3}{5}$ Loth wiegt; ein Kubikfuß Wasser dagegen 66 Pfund oder 2112 Loth, so muß man $1\frac{3}{5}$ durch 2112 dividiren, und das Ergebniß, nämlich $\frac{77}{100000}$, ist dann das specifische Gewicht dieser Luft, d. h. die Zahl, mit der man das Gewicht des Wassers multipliciren muß, um

das Gewicht einer Luftmenge zu haben, welche mit der Wassermenge gleichen Raum einnimmt.

Genau genommen, sind alle Körper gleich schwer, d. h. alle Körper fallen von derselben Höhe gleich schnell herunter (im luftleeren Raume), wie man vielfältig durch Versuche unter einer Glasglocke, aus welcher die Luft ausgepumpt wird, bestätigt hat; der gesammte Erdkörper zieht also jeden Stoff gleich stark *) an, und diese Anziehung ist eben die Schwere. — Der Druck aber, welchen ein Körper vermöge der Schwere seiner einzelnen Stofftheilchen auf eine Unterlage ausübt, d. h. das Gewicht eines Körpers, ist offenbar desto größer, je mehr er solche Stofftheilchen hat, welche zum Drucke beitragen. — Wenn daher ein Kubikzoll des einen Stoffes mehr wiegt, als ein Kubikzoll eines anderen, so ist dieß bloß ein Beweis, daß in dem Kubikzoll des ersteren Körpers mehr Stofftheile enthalten, und diese also dichter zusammengedrängt sind, als in dem anderen. — Das specifische Gewicht eines Stoffes ist daher zu gleicher Zeit das Maß seiner Dichtigkeit; er ist doppelt so dicht, als ein anderer, wenn sein specifisches Gewicht doppelt so groß ist, als das des anderen; und der letztere ist dann halb so dicht, wie der erstere. — Und wenn man sagt, ein Stoff sei leichter oder schwerer als ein anderer, so muß man allemal stillschweigend darunter verstehen, daß er specifisch leichter oder specifisch schwerer sei als der andere; im ersteren Falle ist er weniger dicht, im anderen Falle aber dichter als der andere. — Weil aber die Wärme die Körper ausdehnt, so werden sie dadurch auch weniger dicht oder (specifisch) leichter; eine Entziehung der Wärme zieht sie zusammen, macht sie dichter, also (specifisch) schwerer.

---

*) Diese Wahrheit ist von Bessel durch Pendel-Versuche, vor etwa 25 Jahren angestellt, am gründlichsten nachgewiesen worden.

Wird ein Körper in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gebracht, so wird er im Wasser bis auf den Boden untersinken, wenn er (specifisch) schwerer ist, als das Wasser; denn das umgebende Wasser trägt genau das Gewicht des Wassers, welches der Körper verdrängt, und dessen Rauminhalt also seinem eigenen Rauminhalt genau gleichkommt; das größere Gewicht des Körpers überwindet die Tragkraft des umgebenden Wassers und er sinkt durch das leichtbewegliche Element hindurch. — Gießt man also Quecksilber in Wasser, so wird sich solches unterhalb des Wassers vereinigen, auf seiner Oberfläche einen ebenen (vielmehr einen mit der Erdkugel concentrischen) Quecksilberspiegel bilden und das Wasser wird sich darüber lagern in einer durchaus gleich dicken Schicht. Dasselbe wird sich ereignen, wenn Wasser in ein zum Theil mit Oel gefülltes Gefäß gegossen wird; das Wasser, als der specifisch schwerere Körper, wird unterhalb des Oels einen Wasserspiegel bilden, über welchem das Oel in durchaus gleicher Dicke sich lagert.

Bringt man aber in das mit Wasser gefüllte Gefäß einen Körper, welcher (specifisch) leichter ist als Wasser, z. B. ein Stück Tannenholz, so wird sich dasselbe nur so tief in das Wasser eintauchen, daß das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers seinem eigenen Gewichte gleich kommt, weil das umgebende Wasser das von ihm verdrängte getragen hat und daher nun auch den Körper trägt, der dasselbe Gewicht hat, als dieß verdrängte Wasser. Deshalb kann ein eisernes Beil, an einem sehr langen hölzernen Stiel befestigt, wohl noch im Wasser schwimmen; daher schwimmt ein eisernes Boot oder ein kupferner Ponton noch wohlgemuth auf dem Wasser, so lange es (oder er) eine Lage hat, in welcher es (er) eine hinreichend große Menge Wasser verdrängt; beide sinken aber, sobald sie umgestürzt werden, und daher nicht m e h r Wasser verdrängen, als der Raum beträgt, welchen das bloße Eisen oder das Kupfer einnimmt, ohne die vorher noch im Innern enthaltene und

unterhalb des Wasserspiegels befindliche, (specifisch) so sehr leichte Luft. — Ebenso sinken sie beide, sobald die in oder auf dieselben gebrachte Last, nebst dem Gewicht des Bootes oder des Pontons, mehr beträgt, als das Gewicht des Wassers, welches von dem Fahrzeuge überhaupt verdrängt werden kann, ohne daß Wasser hineinläuft.

Und weil wir in der heutigen Vorlesung alles das erläutern wollen, was mir zum Verständniß des Uebrigen nicht überflüssig zu sein scheint, so will ich hier sogleich noch Folgendes bemerken. Die Mathematik weist mit der, ihr eigenthümlichen Ueberzeugungskraft auf das Strengste nach:

1) Wenn zwei Kräfte gleichzeitig in verschiedenen Richtungen und mit verschiedener Stärke auf ein Stofftheilchen wirken, so ist die Wirkung dieselbe, wie wenn nur eine einzige Kraft auf dasselbe wirkt, deren Richtung zwischen den beiden ersteren liegt; und zwar wird Größe und Richtung dieser einzigen (mittlern) Kraft dadurch gefunden, daß man auf den Richtungen der beiden ersteren Kräfte Längen abträgt, welche die Größen dieser Kräfte ausdrücken, dann ein Parallelviereck (Parallelogramm) auszeichnet, und zuletzt vom Stofftheilchen aus, die Querlinie (Diagonale) dieses Vierecks zieht; diese letztere drückt dann die Größe und Richtung der neuen Kraft aus, welche statt der beiden ersteren wirkend gedacht werden kann, und welche die Resultante oder die mittlere Kraft genannt wird.

2) Wenn mehrere Kräfte ein Stofftheilchen gleichzeitig angreifen, so kann man, nach dem Vorhergehenden, statt je zweier Kräfte eine einzige finden, welche dasselbe leistet, und man wird also zuletzt wiederum eine Resultante, d. h. eine einzige Kraft haben, der Größe und der Richtung nach, welche dasselbe leistet, was alle diese gleichzeitig wirkend gedachten Kräfte leisten konnten, so verschieden auch ihre Richtungen und ihre Größen sein mögen.

3) Wenn auf einen festen Körper an zwei verschiedenen Stellen zwei Kräfte in gleichlaufenden (parallelen) Richtungen nach einer und derselben Seite zu gleichzeitig wirken, so kann man statt dieser beiden Kräfte allemal eine einzige (eine Resultante) finden, welche genau dasselbe leistet; sie ist so groß wie die Summe der beiden ersteren, — ihre Richtung ist gleichlaufend (parallel) mit den ersteren, in derselben Ebene und von jeder derselben so weit abstehend, daß, wenn man jede der ersteren Kräfte mit ihrer Entfernung von der mittleren multiplicirt, ein und dasselbe Produkt sich ergiebt.

4) Wenn ein fester Körper an beliebig viel Stellen von beliebigen parallelen Kräften nach einer und derselben Seite zu gleichzeitig angegriffen wird, so kann man nach dem Vorhergehenden statt je zweier derselben, eine einzige finden, welche dasselbe leistet; also wird man zuletzt eine einzige Kraft (eine Resultante) gefunden haben, welche genau dasselbe leistet, was alle die erstgedachten gleichzeitig wirkenden Kräfte leisten konnten; sie ist so groß als die Summe jener ersteren Kräfte, läuft mit ihnen parallel und nimmt in dem festen Körper eine bestimmte Stellung ein, wie sie durch wiederholte Anwendung des vorher ausgesprochenen Gesetzes sich ergiebt.

Wenden wir diese allgemeinen Wahrheiten auf die Schwere an. — Die Schwere der einzelnen Stofftheilchen eines Körpers ist stets nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtet; bei der großen Entfernung des letzteren von dem gedachten Körper, können diese Schwerkräfte aber füglich als unter sich parallel angesehen werden. Der von der Erdkugel in allen seinen Theilen angezogene, d. h. der in allen seinen Theilen schwere Körper wird also stets gleichzeitig von unendlich vielen, aber auch unendlich kleinen parallelen (Schwer-)Kräften erfaßt, und man kann daher statt aller dieser parallelen Kräfte, noch dem Vorhergesagten, eine einzige Kraft setzen, welche der Größe nach, die Summe aller dieser Schwerkräfte, also gerade das ist, was

wir das Gewicht des Körpers nennen, — welche wieder nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtet ist, und welche im Körper eine bestimmte, genau zu berechnende Lage hat. Giebt man nun aber dem Körper gegen die Erdkugel immer eine andere und andere Lage, so dreht sich die Richtung dieser mittleren Kraft, da sie immer nach dem Mittelpunkt der Erde zu geht, im Körper ebenfalls, und zwar, wie sich mathematisch beweisen läßt, um einen einzigen bestimmten Punkt des Körpers, und dieser wird der Schwerpunkt desselben genannt. Das Gewicht eines Körpers ist also die einzige (mittlere) Kraft, welche statt der Schwerkräfte aller einzelnen Stofftheilchen desselben gesetzt werden kann, und deren Richtung stets von dem Schwerpunkte des Körpers nach dem Mittelpunkt der Erde zu geht.

Ist daher der Schwerpunkt eines Körpers scheitelrecht (lothrecht, vertical) unterstützt, so, daß die Richtung des Gewichts durch den Unterstützungspunkt (oder Aufhängepunkt) geht, so ist die Wirkung des Gewichts vollständig vernichtet, und der Körper befindet sich im Gleichgewicht. Ist aber diese lothrechte Unterstützung nicht mehr vorhanden, sondern ist der Körper an einem anderen Punkt unterstützt, so entsteht eine Wirkung des Gewichts, eine Bewegung, eine Drehung um den Unterstützungs- (oder Aufhänge-) Punkt. Liegt nun der Schwerpunkt tiefer als der Unterstützungspunkt, welcher letztere in diesem Falle häufig ein Aufhängepunkt ist, so schwingt sich der Körper jedes Mal bald wieder in das Gleichgewicht ein, mit sehr kleiner Bewegung, und dieser Zustand des Gleichgewichts wird daher ein stabiler genannt. Liegt aber der Schwerpunkt oberhalb des Unterstützungspunktes, und wird dann solcher ein klein wenig verrückt, so stürzt sich der Körper gänzlich herum und fängt erst dann an, sich wieder mit kleineren Bewegungen in das Gleichgewicht einzuspielen, wenn sein Schwerpunkt wieder tiefer als der Unterstützungspunkt gekommen ist; sein Gleichgewicht war also das Mal ein nicht stabiles.

So erklärt es sich, daß, auf dem Meere schwimmende Eisberge, nachdem sie lange in einer und derselben Lage verharrt haben, sich plötzlich umstürzen und dadurch der nächsten Nachbarschaft gefährlich werden; sie schwammen in ihrer ersteren Lage, weil ihr Schwerpunkt am tiefsten lag; nun verwandelt sich der untere, im Wasser liegende Theil des Eises in Wasser, schneller als der obere; dadurch verrückt sich der Schwerpunkt der übrig bleibenden Masse nach und nach immer mehr und endlich so, daß er oberhalb der Unterstützungsfläche zu liegen kommt; der geringste Seitenstoß (Windstoß) veranlaßt dann sein gänzliches Umstürzen, wodurch sein jetziger Schwerpunkt wiederum am tiefsten zu liegen kommt.

Kehren wir aber zu der nothwendigen Thatsache noch einmal zurück, daß nämlich der specifisch schwerere feste oder flüssige Körper in dem specifisch leichteren und flüssigen untersinkt und der letztere dagegen in die Höhe steigt, und ziehen wir daraus noch einige Folgerungen.

Erkältet sich im Winter die Oberfläche des Meeres bis auf $3\frac{1}{2}^{0}$ Wärme, so ist das Wasser am dichtesten (wie wir oben schon bemerkt haben); es ist daher jetzt schwerer, als das darunter befindliche noch wärmere Wasser; das kälterere senkt sich also nach unten, und das wärmere tritt dagegen in die Höhe. Wird nun die jetzige Oberfläche durch die kalte Luft abermals bis zur größten Dichtigkeit abgekühlt, so wiederholt sich das Sinken des kälteren Wassers und das Herauftreten des wärmeren; und dieß wiederholt sich fortwährend und ununterbrochen, so lange sich noch wärmeres Wasser in der Tiefe des Meeres befindet. — Dieß ist der Grund, warum die Meere, da wo sie einigermaßen tief genug sind, um eine hinreichende Quantität wärmeres Wasser zu enthalten, nie zufrieren; und die Eigenschaft des Wassers, schon bei $3\frac{1}{2}^{0}$ Wärme und nicht erst bei 0^{0} am dichtesten und deshalb auch am schwersten zu sein, ist wesentlich die Veranlassung, daß in den gemäßigten, ja selbst noch in den kalten

Zonen, zur Schifffahrt offenes Fahrwasser gefunden wird. Und wenn einmal ein Meer ganz zufrieren würde, so würde dieß unter ungünstigen Umständen auch bis auf eine gewisse Dicke geschehen, und die Macht der Sommersonne würde dann eben so wenig fähig sein, diese große Eismasse wieder ganz in Wasser zu verwandeln, als sie nicht vermag das ewige Eis der Gletscher auf den Höhen der Berge ganz und vollständig zu schmelzen. Der allmächtige Schöpfer, welcher dem Wasser diese, der allgemeinen Wirkung der Wärme nicht vollkommen entsprechende Eigenschaft, nämlich unter $3\frac{1}{2}^0$ Wärme wieder weniger dicht zu sein*), eingepflanzt hat, scheint dadurch gleichsam seinen Willen ausgesprochen zu haben, den größten Theil der Meere auch in den höheren Breiten, stets offen erhalten zu sehen.

Dieß Steigen des leichteren Körpers nach oben, ist auch der Grund, warum z. B. ein Topf mit Wasser schneller kocht, wenn er von unten, als wenn er von der Seite die nöthige Hitze bekommt, und dann noch viel schneller, als wenn diese Hitze von oben käme. Wird er nämlich von unten erhitzt, so steigt das untere wärmere Wasser fortwährend, weil es zugleich das leichtere ist (sobald es mehr als $3\frac{1}{2}^0$ warm geworden), fortwährend nach oben, und theilt dabei dem oberen Wasser, durch welches es durchgeht, von seiner größeren Wärme ohne Unterbrechung mit. Bei einer Heizung von oben würde das obere

*) Wird man aber einmal einen näheren Grund für diese Eigenschaft des Wassers (der Meere) auffinden, so wird sich auch ergeben, daß derselbe weder mit der Wärme als Dehnkraft im Widerspruch steht, noch daß Gott dadurch eine Ausnahme macht davon, daß die ganze Schöpfung und Alles in ihr, einem einzigen Gedanken (einem einzigen Gesetze) untergeordnet ist. Nirgends und zu keiner Zeit kann Nachhilfe, gleichsam Flickwerk, nöthig sein, um das Ganze, wackelig gewordene, wiederum zu stützen und zu halten — Eine solche Ansicht wäre des Einzigen unwürdig.

Wasser verdampfen, während das untere noch sehr wenig erwärmt sein dürfte.

Wird in der heißen Zone die Oberfläche der Erde (oder der Meere) bedeutend erhitzt, so theilt sich die Wärme durch Leitung, der unteren Luftschicht zunächst mit; dadurch wird diese mehr ausgedehnt, folglich specifisch leichter als die Luft in den darüber lagernden Luftschichten; sie steigt daher als die leichtere Flüssigkeit nothwendig in die Höhe, während die oberen Schichten sich gleichzeitig heruntersenken, wenn nicht die auf beiden Seiten der heißen Zone liegenden Theile der untersten Luftschicht ihre kältere Luft theilweise früher, nach der durch das Steigen verdünnter gewordenen Stelle abgehen lassen. — Hier aber erblicken wir die Hauptquelle der Winde und des Wetters, und der Betrachtung dieser interessanten und für den Menschen so wichtigen Erscheinungen, wollen wir eine eigene und die nächste Vorlesung widmen.

Elfte Vorlesung.

Die Wärme als Ursache der Winde und des Wetters. — Wie die klimatischen Verhältnisse sich gestalten würden, wenn die Erdachse auf der Erdbahn senkrecht stünde.

Für den Menschen ist die Frage nach dem Wetter oft eine sehr wichtige; der Spaziergänger, der Reisende, der Baumeister oder doch der Bauherr will schönes Wetter haben, während der Landmann gleichzeitig einen tüchtigen, andauernden Regen mit Sehnsucht herbeiwünscht; zwei sich Begegnende versichern einander gegenseitig, daß heute schönes Wetter sei, und dem in das Zimmer Tretenden ruft man vor allen Dingen entgegen, daß er

heute schlechtes Wetter mitbringe. — Woher kommt nun das Wetter? — Mit einer theilweisen Beantwortung dieser Frage will ich Sie in der heutigen Vorlesung zu unterhalten suchen; ich will zunächst nämlich die Frage aufwerfen und so viel wie möglich beantworten, was denn eigentlich die Hauptursache oder doch eine der Hauptursachen einer Witterungsveränderung sein möge, und in wie weit aus dieser Ursache ein Gesetz für diese Veränderungen sich herleiten lassen könne.

Weil ich aber in diesen Vorlesungen so wenig wie möglich Vorkenntnisse voraussetzen will, so sehe ich mich veranlaßt, das zu unserer Betrachtung Nöthige erst vorauszuschicken.

Die Erde ist ein kugelförmiger Körper, welcher zunächst aus einer festen Oberfläche besteht, über welcher die flüssigen Meere sich ausbreiten, die mehr als $\frac{2}{3}$ (beinahe $\frac{3}{4}$) dieser Oberfläche bedecken; und dann noch aus einer Luftschicht von vielleicht 2, vielleicht 10 Meilen Dicke rings um die Erde herum. Diese Erdkugel, mit allem was dazu gehört, also namentlich mit allen Meeren *und auch mit der das Ganze umgebenden Luft*, dreht sich täglich ein Mal um zwei einander entgegengesetzte Punkte ihrer Oberfläche, welche bezüglich *Nordpol* und *Südpol* genannt werden, herum; die gerade Verbindungslinie zwischen diesen Polen geht durch den Mittelpunkt der Erde, und wird die *Erdachse* genannt; denkt man sich diese Achse auf beiden Seiten ins Unendliche verlängert, und bestimmt man ihre Lage gegen die Fixsterne, so hat man das, was der Nordpol und Südpol in der scheinbaren Himmelskugel genannt wird. Denkt man sich die Erdkugel mittelst einer, mitten zwischen ihren beiden Polen durchgehenden Kreisebene, welche auch durch den Mittelpunkt der Kugel hindurchgeht, in zwei Hälften getheilt, so wird diese, die ganze Oberfläche der Erde halbirende Kreislinie, welche mit der Erdkugel gleichen Halbmesser hat, der *Aequator* (der *Gleicher*, die *Linie*) genannt; und die eine Hälfte der Erdoberfläche heißt die *nördliche*, die andere die *südliche Halbkugel*. In der

nördlichen Halbkugel liegen Europa, Asien, ein großer Theil von Afrika und die größere Hälfte von Amerika; die südliche Halbkugel ist also dem größten Theile nach von dem Meere bedeckt.

Durch jeden Punkt (Ort) auf der Erdoberfläche kann ein Halbkreis gelegt werden, welcher durch die beiden Pole geht; dieser wird der Meridian dieses Punktes genannt. Ein anderer Ort der Erdoberfläche kann denselben, wird aber häufiger einen anderen Meridian haben. — Man theilt den Aequator in 360 Grade, von denen jeder 15 (geographische) Meilen hat*), jeden Grad wieder in 60 Minuten und in 60 mal 60 Sekunden; und man bestimmt den Meridian, in welchem ein Ort liegt, durch die Angabe der Grade, Minuten und Sekunden Länge, indem man von einem Meridian anfängt zu zählen, der durch die Insel Ferro (westlich von Frankreich gelegen) geht, oder durch die Sternwarte von Paris, oder durch die von Greenwich in England, — und von diesem ersten Meridian, der jedesmal ausgesprochen sein muß, östlich geht, wenn nicht ausdrücklich westliche Länge angegeben ist, in welchem Falle man nach Westen zu zählt.

Den Viertelskreis eines Meridians, welcher zwischen dem Aequator und einem der Pole liegt, theilt man auch in 90 Grade (von denen jeder 15 Meilen hat), und bestimmt nun den Ort (auf seinem Meridian) dadurch, daß man die Anzahl der Grade, Minuten und Sekunden Breite angiebt, d. h. wie viele Grade 2c. dieser Ort (auf seinem Meridian) von dem Aequator abliegt, wobei man noch wissen muß, ob man nach dem Nordpol, oder nach dem Südpol zu, zählen soll, was durch die nähere Bezeichnung „nördliche Breite" oder „südliche Breite" ausgesprochen wird. — Der Kreis endlich, welcher

*) D. h. der 15te Theil eines solchen Grades wird eben geographische Meile genannt.

durch einen Ort, parallel mit dem Aequator gelegt gedacht wird, heißt der Parallelkreis dieses Ortes; der Halbmesser dieses Parallelkreises (wie er selbst) ist desto kleiner, je größer die Breite des Ortes ist, d. h. je näher der Ort an einem der beiden Pole liegt.

Während die Erde um ihre Achse sich dreht, machen die Orte im Aequator den größten Weg, weil sie den größten Kreis der Kugel durchlaufen; je näher aber die Orte den Polen zu liegen, je kleiner sind die Parallelkreise, welche sie bei der täglichen Umdrehung der Erde zurücklegen; und ein Ort, welcher ganz nahe einem der Pole liegt, beschreibt einen ganz kleinen Kreis, obgleich er dieselben 24 Stunden Zeit dazu verwendet. Ein Ort im Aequatar muß in den 24 Stunden den ganzen Umfang des Aequators, d. h. einen Weg von 5400 Meilen zurücklegen; er macht also in jeder Minute ungefähr 4 Meilen Weges; dieß ist die 40fache Geschwindigkeit von der, welche gewöhnliche Eisenbahnzüge in Deutschland haben, und die 30fache der Eilzüge. — Liegt ein Ort auf dem 60sten Grade der Breite, also etwa 130 Meilen noch nördlicher als Berlin, so ist sein (Parallel-) Kreis, den er bei seiner täglichen Umdrehung beschreibt, gerade nur halb so groß, wie der Aequator; er bewegt sich also gerade mit der halben Geschwindigkeit, wie ein Ort im Aequator; er macht demnach in der Minute nur 2 Meilen. Nürnberg dagegen, dessen Breite 49 Grade und darüber ist, dreht sich mit einer Geschwindigkeit von ungefähr $2\frac{1}{4}$ Meilen in der Minute, welches noch immer mehr als die 22fache Geschwindigkeit der gewöhnlichen Eisenbahnzüge ist. Die ganze Luft, welche die Erde umgiebt, und welche sich mit der Erde zugleich täglich ein Mal herumdreht, hat also die verschiedenste Dreh-Geschwindigkeit; am Aequator die größte und auf beiden Seiten desselben, nach den Polen zu, eine, nach und nach immer kleiner werdende; und an den Polen selbst gar keine. — Wo sich aber der Mensch auf der Erdoberfläche auch befinden mag, so dreht er

sich doch stets mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher die, ihn zunächst umgebende Luft sich dreht; die Luft, wenn sie keine andere Bewegung hat, muß ihm daher als völlig unbewegt erscheinen; diese Umdrehungsbewegung der Luft erscheint also dem darin befindlichen und sich gleich geschwind mit herumdrehenden Menschen als Windstille. — Kommt aber aus irgend einem Grunde, die Luft in der Richtung von einem der Pole nach dem Aequator hin, dem Aequator näher, — kommt sie also von einer größeren Breite zu einem Orte hin, welcher geringere Breite hat, — so hat sie eine kleinere Dreh-Geschwindigkeit als dieser Ort; sie muß also dem Menschen, der an diesem Orte sich befindet und die größere Dreh-Geschwindigkeit dieses Ortes hat, gegen welche die Dreh-Geschwindigkeit der Luft zurückbleibt, als eine Luft erscheinen, in der er sich von Westen nach Osten, (d. h. in der Drehrichtung der Erde) vorwärts stürzt, so daß sie scheinbar ihm entgegen kommt; diese Luft erscheint ihm also nun als Ostwind, und weil sie auf der nördlichen Halbkugel vom Norden hergekommen ist, so wird sie daselbst, im Falle ihr Zuströmen fortdauert, natürlich auch als Nordwind fühlbar sein, und man wird demnach (wegen des Kräftenparallelogramms) Nordostwind haben. — Gelangt dagegen aus irgend einem anderen Grunde, die Luft aus geringeren Breiten nach einem Orte von höherer Breite hin, so bringt sie die größere Dreh-Geschwindigkeit nach dem, z. B. auf der nördlichen Halbkugel, nördlicher gelegenen Orte mit hin, und der Mensch, der sich an letzterem Orte befindet, dreht sich also dann langsamer als die (aus dem Süden kommende) Luft; die letztere eilt in der Drehrichtung der Erde (von Westen nach Osten) dem Menschen voraus, und derselbe muß also nun das Gefühl des Westwindes haben; und dauert das Zuströmen der südlicheren Luft noch fort, so hat er zu gleicher Zeit Südwind; folglich fühlt man nun (wiederum nach dem Kräftenparallelogramm) Südwestwind.

Wegen der hohen Wichtigkeit des so eben Gesagten wollen wir das Ergebniß noch einmal wiederholen. Nämlich: Jede Luftströmung, die von dem Nordpol ausgehend nach dem Aequator zu in der Richtung der Meridiane sich bewegt, und welche, wenn die Erde sich nicht drehte, überall rings um die nördliche Halbkugel herum, ein reiner Nordwind sein würde, ist, *wegen der Umdrehung der Erde um ihre Achse*, allemal ein *Nordostwind*, und desto mehr östlich, je weiter die Luft vom Norden herkommt, bei gleicher Geschwindigkeit dieses Nordwindes. — Jede Luftströmung dagegen, welche rings herum vom Aequator ausgehend, nach dem Nordpol gerichtet ist, also reiner Südwind sein würde, wenn sich die Erde nicht drehte, ist allemal *Südwestwind, weil sich die Erde dreht*, und ist desto westlicher, je näher die zuströmende Luft am Aequator, jedoch noch diesseits desselben, gelegen hat.

Auf der südlichen Halbkugel gilt natürlich alles genau eben so, sobald man nur das Wort „Südpol" statt des Wortes „Nordpol" setzt, und überall die Sylbe „nord" in „süd" und die Sylbe „süd" in „nord" umwandelt.

Ehe wir aber die Ursachen einer Luftströmung von den Polen nach dem Aequator zu, oder einer anderen in entgegengesetzter Richtung, oder die Frage, ob überhaupt eine solche Ursache vorhanden sei, — näher ins Auge fassen, muß ich zur größeren Verständlichkeit erst noch Folgendes vorausschicken.

Denkt man sich durch den Mittelpunkt der Sonne und durch die Erdachse eine Ebene, so ist klar, daß alle Orte eines und desselben Parallelkreises, bei der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Achse, *nach und nach* in diese Ebene hineintreten und durch sie hindurch gehen werden, und daß jeder derselben in dem Augenblicke Mittag hat, wo er diese Ebene auf der Sonnenseite passirt, dagegen Mitternacht, wenn er dieselbe Ebene auf der Schattenseite der Erde passirt; und daß man aus dem Unterschiede der Mittagszeiten zweier Orte, den Abstand derselben

von einander, in einem und demselben Parallelkreis, genau bestimmt sieht, d. h. die Unterschiede ihrer Längengrade; endlich daß alle Orte, die in einem und demselben Parallelkreis liegen, wenn sie die gedachte Mittagsebene passiren, d. h. wenn sie ihren Mittag haben, gegen die Sonne völlig gleiche Lage zeigen müssen, oder mit anderen Worten, daß die Sonnenstrahlen alle diese Orte an ihrem Mittage, während eines und desselben Tages unter gleichen Winkeln treffen, so daß alle diese Orte von der Sonne aus, während eines und desselben Tages, völlig gleich erwärmt werden müssen (d. h. so weit die Wärme von den Sonnenstrahlen kommt). Dagegen wird die tägliche, von der Sonne herrührende Erwärmung aller Orte, die in einem anderen Parallelkreis liegen, zwar wieder unter sich gleich sein müssen, dagegen größer oder kleiner sein, als die Erwärmung des ersteren Parallelkreises an demselben Tage, je nachdem die Sonnenstrahlen auf die Orte, während sie die Mittagsebene passiren, während sie also ihren Mittag haben, weniger schief, oder noch schiefer auffallen.

Nehmen wir nun einmal zunächst an (was in der Wirklichkeit nicht der Fall ist, nämlich) daß die Erdachse auf der Ebene der elliptischen Bahn, welche die Erde jährlich einmal um die Sonne beschreibt (d. h. auf der Ekliptik) senkrecht stünde (d. h. mit dieser Ebene ringsherum gleiche und rechte Winkel machte), so würde der Aequator mit der Ebene der gedachten Erdbahn zusammenfallen; die Sonne würde dann alle Parallelkreise, von dem einen Pole bis zu dem anderen, in jedem Augenblick genau zur Hälfte erleuchten und die andere Hälfte derselben würde gleichzeitig in dem Schatten der Erde sich befinden. Alle Orte auf der gesammten Erdoberfläche würden also genau eben so lange brauchen, um durch den Sonnenschein sich zu drehen, als sie brauchen um durch den Schatten der Erde sich zu bewegen, d. h. die Tages- und die Nacht-Länge würden stets einander gleich sein, Jahr aus, Jahr ein, und für alle Orte

der gesammten Erdoberfläche. — Ferner würden dann die Sonnenstrahlen auf den Aequator das ganze Jahr hindurch genau senkrecht fallen; auf die zu beiden Seiten des Aequators, in der Nähe liegenden Parallelkreise, selbst bis zu 20 Breitengrade hin, noch ziemlich senkrecht, und es würde daher ein Gürtel der Erdoberfläche von etwa 600 bis 700 Meilen Breite, welcher vom Aequator halbirt wird, fortwährend von der Sonne die größte Hitze empfangen, und der Aequator selbst die allergrößte.

Die nun auf beiden Seiten folgenden Parallelkreise in beiden Hälften der Erdkugel würden (an ihrem Mittage) von den Sonnenstrahlen immer schiefer getroffen und deshalb immer weniger erwärmt, je weniger sie von den Polen abliegen, d. h. je größer ihre Breite ist.

Unter der gemachten Voraussetzung wäre also:

1) An allen Orten und an jedem Tage Tag- und Nachtgleiche.

2) An allen Orten, in ein und demselben Parallelkreis dieselbe Temperatur das ganze Jahr hindurch, so weit sie von der Wärme der Sonnenstrahlen herrührt.

3) Diese Temperatur ist am Aequator und in der Nähe desselben in einem Gürtel von etwa 300 Meilen auf jeder Seite des Aequators, ungemein hoch; glühende Sonnenhitze; — sie nimmt dann auf beiden Seiten nach den Polen hin, nach und nach ab, so daß man sich zwei Gürtel denken kann, jeden von etwa 600 Meilen Breite, welche für die menschlichen Bewohner noch erträglich sein dürften; während die übrigen beiden Theile der Erdoberflöche, um die Pole herum, von den Sonnenstrahlen so schief getroffen werden, daß sie nicht im Stande sind, Eis in Wasser zu verwandeln.

Betrachten wir nun, immer unter derselben Voraussetzung, die Wirkungen der Sonnenwärme. — In dem heißen Gürtel wird die Erde und das Meer rings herum am Tage ungemein erhitzt, dadurch auch die untere Luftschicht durch

die leitende Wärme der erhitzten Erdoberfläche auf einen bedeutend hohen Wärmegrad gebracht, während die oberen Luftschichten die strahlende Wärme durch sich durchlassen, nur äußerst wenig davon in sich aufnehmen und vorzüglich nur von unten aus (leitende) Wärme bekommen können; die unteren Luftschichten werden dadurch specifisch leichter, wie die oberen, und steigen daher fortwährend in die Höhe, während die oberen, als die schwereren, sich heruntersenken. Zugleich aber, wenn nicht früher, tritt die an der Erdoberfläche zunächstliegende kältere Luft, auf beiden Seiten dieses heißen Gürtels, in die sehr verdünnte Luft des heißen Erdgürtels hinein, und zwar ringsherum; die weiter nach den Polen zu liegende Luft nimmt sogleich den Platz der weggeströmten Luft ein, und es entsteht also nothwendig eine fortwährende (Polar=)Strömung der unteren Luftschichten, von den Polen nach dem Aequator hin; es tritt also auf der nördlichen Halbkugel ein beständiger Nordwind ein, welcher, wie wir oben gesehen haben, wegen der Umdrehung der Erde um ihre Achse, als ein beständiger Nord=Ostwind gefühlt werden wird. — Dadurch aber, daß in dem heißen Erdstrich die heißere und dünnere Luft in die Höhe steigt, und die untere Luftschicht, von beiden Seiten kommend, ihre Stelle einnimmt, — dadurch ferner, daß die oberen Luftschichten in den kälteren Erdstrichen, weil die untere Luft wegströmt, sich zum Theil heruntersenken werden, — dadurch ist die heißere und dünnere Luft in dem heißen Erdstriche gezwungen, so wie sie daselbst in die Höhe gestiegen ist, in die auf beiden Seiten durch Senkung der Luft leerer werdenden Stellen hinein zu fließen, so daß also in den oberen Regionen eine beständige (Aequatorial=)Strömung der heißen und dünneren Luft, von dem heißen Erdstriche aus, ringsherum, nach den Polen zu, stattfinden muß. In den oberen Regionen muß also auf der nördlichen Halbkugel ein stehender Südwind herrschen, welcher, wie wir oben gesehen haben, wegen der Umdrehung der Erde um ihre Achse, als ein

beständiger Süd-Westwind gefühlt werden muß. — Es finden also zwei stehende Luftströme statt, und zwar auf der nördlichen Halbkugel in den unteren Regionen beständiger Nord-Ostwind, in den oberen Regionen dagegen beständiger (und wärmerer) Süd-Westwind.

Nun kühlt sich aber die obere, wärmere Luft, so wie sie in der Richtung nach den Polen hin fortrückt, nach und nach ab, und wird endlich kalt genug und deshalb schwer genug, um sich wieder in leerer gewordene Stellen der unteren Schichten herabzusenken; und dann tritt ein Kampf des unteren Nord-Ostwindes mit der von oben herunterkommenden südwestlichen Strömung ein; und je nachdem der eine oder der andere die größere Kraft ausübt, oder beide gleich stark sind, wird der eine den andern zuletzt überwinden, oder sie werden sich das Gleichgewicht halten; im letzteren Fall wird in den unteren Regionen Windstille eintreten, im ersteren Fall dagegen ein (wärmerer) Süd-Westwind wehen, bald aber wieder von einem (kälteren) Nord-Ostwind verdrängt werden. — Während des Kampfes, in welchem beide Winde ihre Kräfte gegen einander versuchen, wird aber nach und nach der Wind aus allen Richtungen kommen können, weil zwei Kräfte, welche gleichzeitig auf ein Stofftheilchen wirken, allemal eine Kraft bilden, welche zwischen beiden (ihrer Richtung nach) liegt, und der einen oder der andere der beiden Seitenkräfte desto näher, je größer diese gegen die andere ist. Nach Beendigung des Kampfes bleibt aber die Sonnenhitze im heißen Erdgürtel als die Ursache des Sieges, und zuletzt wird der stehende Nord-Ostwind wieder die Oberhand behalten. — So auf der nördlichen Halbkugel und in den unteren Regionen, in denen der Mensch sein Dasein verlebt.

Der Zweifler an der Möglichkeit einer solchen doppelten und entgegengesetzten Luftströmung in den über einander lagernden Luftschichten, kann seine Zweifel durch einen höchst einfachen Versuch gehoben sehen; er öffne die Thüre, welche von einem

geheizten Zimmer in einen kälteren Raum führt und bringe ein brennendes Licht unten an die Oeffnung hin, und gleichzeitig, oder unmittelbar darauf, ein anderes Licht oder dasselbe, an den oberen Rand der Thür-Oeffnung; er wird dann wahrnehmen können, wie die untere Flamme von dem kälteren Raume nach dem wärmeren hinein, die obere aber in entgegengesetzter Richtung, aus dem wärmeren Raum nach dem kälteren hin, geblasen wird. In beiden Räumen bewegt sich also die untere Luftschicht in einer Richtung, und zwar vom kälteren Raume nach dem wärmeren zu, die obere Luftschicht dagegen in der entgegengesetzten Richtung von dem wärmeren nach dem kälteren Raum zu.

Daß aber die wärmere Luft in die Höhe steigt, und die kältere dagegen heruntersinkt, ist durch tägliche Erfahrung hinlänglich bestätigt; Jedermann weiß, daß in einem geheizten Zimmer der obere Theil der Luft oft unerträglich heiß ist, während man sich in der unteren Hälfte gerade behaglich erwärmt fühlt. — Der Zug in den Oefen und Schornsteinen hängt einzig und allein davon ab, daß die erhitzte, und deshalb viel leichtere Luft mit Schnelligkeit in die Höhe geht. Wird bei großer Kälte während der Nacht die Luft im Schornsteine und im Ofen mehr abgekühlt als die im Zimmer, so kann bei dem Einheizen, wenn nicht mit Stroh oder Papier augenblicklich eine sehr schnelle Flamme hervorgebracht wird, aus demselben Grunde (anfangs) ein umgekehrter Zug stattfinden, welcher den ersten Rauch in das Zimmer treibt, bis die Flamme groß genug geworden, und die Luft im Innern des Ofens mehr erwärmt ist, als die des Zimmers bereits noch erwärmt sich vorfindet.

Gehen wir aber in unseren Untersuchungen weiter. — Die bedeutende Hitze in dem heißen Erdstrich verwandelt die daselbst liegenden Meerestheile an ihrer Oberfläche in Wasserdampf, welcher zugleich mit der erhitzten Luft in die Höhe steigt und mit der letzteren zugleich nach den Polen zu strömt. Mit dem

Süd-Westwinde kommt also gleichzeitig dieser Wasserdampf in großer Menge an; — senkt sich nun dieser südwestliche, obere Luftstrom in den höheren Breitengraden herunter, weil er so weit abgekühlt ist, so hat sich der Wasserdampf natürlich mit abgekühlt; und ist diese Abkühlung groß genug geworden, so verwandelt sich solcher nothwendig wieder in Wasser, und, wenn die unmittelbar darunter liegende Luftschicht, an welcher die obere hinstreicht, kalt genug ist, so kann er sich auch gleich in Eis verwandeln; und es wird daher dieses Wasser oder dieses Eis, welches viel specifisch schwerer als die Luft ist, als Regen oder als Schnee herunterfallen. — Während des Regnens oder des Schneefalles kann es wärmer werden, als es vor dem Regen oder dem Schneefall gewesen ist, weil bei dem Uebergange des Wasserdampfes in Wasser oder in Schnee, die ungemein große Menge von Wärme frei wird, welche der Wasserdampf als gebundene Wärme mitgebracht hat. — Die Süd-Westwinde bringen uns also nicht allein die Wärme mit, welche die aus dem erhitzten Erdstriche kommende Luft noch hat, sondern auch noch Regen oder Schnee und damit zugleich einen größeren Theil der gebundenen Wärme, welche bei dem Uebergang des Wasserdampfes frei wird.

Der Hagel entsteht offenbar dadurch, daß bereits vorhandene Regentropfen sich später erst in Eis verwandeln, und dieß geschieht wahrscheinlich mittelst einer bloß örtlich (durch chemische oder elektrische Wirkung) erzeugten hinreichenden Kälte, von welcher Möglichkeit erst in einer späteren *) Vorlesung die Rede sein kann.

Es existirt ein interessanter, wenn auch nicht absichtlich angestellter Versuch über die Bildung des Schnee's. In einem Hause Stockholm's wurde ein großer Ball gegeben; die Nacht war außerordentlich kalt, die Gesellschaft dagegen zahlreich und

*) (In der 17ten und 18ten.)

sehr belebt; es wurde in fest verschlossenen Räumen viel getanzt; die Ausdünstung der vielen und tanzenden Gäste und die längere Dauer des Balles mußten die Luft mit Wasserdampf erfüllen, während bekanntlich der Mensch stets Lebensluft ein- und dagegen kohlensaures Gas, welches zum Athmen untauglich ist, ausathmet. Kein Wunder also, daß eine Dame zuletzt ohnmächtig wurde. Die Fenster in den nordischen Städten sind im Winter zum Oeffnen nicht gerade eingerichtet; der Tänzer, ein Offizier, erkannte bei dem großen Gedränge die Unmöglichkeit, die Dame schnell genug in bessere Luft zu bringen und schlug daher, schnell entschlossen, eine der großen Scheiben des Fensters ein, in dessen Nähe sie sich eben befanden. Die Dame erholte sich nach und nach, aber viel früher noch fing es im Tanzsaale zu schneien an; der in der Luft in den kleinsten Theilen vorhandene Wasserdampf hatte sich durch die große Kälte der eindringenden Luft in Wasser und in Eis zu gleicher Zeit verwandelt.

In den heißen Erdstrich strömt, wie wir gesehen haben, von beiden Polen her die kältere Luft der unteren Luftschichten zugleich hinein; diese beiden Ströme begegnen sich daher in diesem heißen Erdstrich und halten sich daselbst meist im Gleichgewicht; deshalb müssen in der Nähe des Aequators, auf beiden Seiten desselben, wenig unterbrochene Windstillen sein, welche bei der großen Hitze dem Menschen, besonders am Tage, unerträglich werden müssen.

Wie früh oder spät die Luft in dem oberen, vom Aequator kommenden Luftstrom (Aequatoralstrom) so weit abgekühlt ist, daß sie anfängt sich in den unteren Luftstrom herunter zu senken, so daß der Kampf der Winde, und mit demselben der Regen oder der Schnee eintritt, muß der Beobachtung und der Erfahrung überlassen bleiben; dagegen ist so viel schon einzusehen, daß in den niederen Breiten, an den Grenzen des heißen Erdstriches und noch innerhalb desselben, auf der nördlichen Halbkugel

noch ununterbrochener Nord-Ostwind und klares Wetter herrschen muß; dieser Wind in jenen Breiten, der sich unmittelbar an die Region der Windstillen anschließt, wird von den Schifffahrern der Passatwind genannt, und als solcher benutzt. Auf der südlichen Halbkugel ist der Passat ein Süd-Ostwind. — Die Kämpfe der Luftströmungen und das dadurch bedingte veränderliche Wetter, treten erst in höheren Breitegraden ein, und sind vielleicht in der nächsten Nähe der Pole schon ausgekämpft, so daß daselbst wiederum beständigere Winde und klares Wetter vorwiegend sein können.

Zwölfte Vorlesung.

Wie die durch die Sonnenhitze veranlaßte Witterung, bei der wirklichen, gegen die Ebene der Erdbahn etwas geneigten Lage der Erdachse, sich gestalten muß.

Dieß Alles ist jedoch unter der Voraussetzung entwickelt, daß die Erdachse auf der Ebene der Erdbahn senkrecht stehe. Weil dieselbe aber in der Wirklichkeit gegen die gedachte Ebene stets um ungefähr $23\frac{1}{2}^0$ (den rechten Winkel zu 90^0 gerechnet) gegen die vorher gedachte Lage derselben geneigt ist, so treten in dem Gesagten einige Aenderungen ein, welche jedoch die Hauptsache unberührt lassen, und welche wir nun noch näher betrachten wollen. — Zuvor aber müssen wir die Folgen, welche aus der wahren Lage der Erdachse gegen die Ekliptik hervorgehen, sowohl hinsichtlich der gleichzeitigen ungleichen Erwärmung der beiden Erdhälften, als auch hinsichtlich der Ungleichheiten in den Tages- und Nacht-Längen, noch näher in's Auge fassen.

Da in der Wirklichkeit die Erdachse gegen den, im vorhergehenden vorausgesetzten senkrechten Stand, um ungefähr

23½° geneigt ist, dabei aber ganz nahe hin mit sich selbst parallel bleibt, während die Erde jährlich ihre Bahn um die Sonne beschreibt, — so fallen die Sonnenstrahlen nur zwei Mal im Jahre (am 21. März und am 21. September) senkrecht auf den Aequator (und auf die Erdachse) während die Erde an zwei, genau entgegengesetzten Enden ihrer jährlichen Bahn sich befindet. Theilt man jede der beiden, zwischen diesen Punkten liegenden Hälften der Erdbahn, wiederum ungefähr in ihrer Mitte, so hat man die beiden ebenfalls einander entgegengesetzten Stellen, wo die Sonnenstrahlen, wenn sich die Erde an diesen Stellen befindet, gegen die Erdachse und folglich auch gegen alle Orte im Aequator (zu ihrer Mittagszeit), am meisten schief einfallen, nämlich unter einem Winkel von 66½°, wenn man den rechten Winkel zu 90° rechnet. — Die Sonnenstrahlen fallen dabei einmal im Jahre (am 21. Juni) senkrecht auf alle die Orte, welche in der nördlichen Halbkugel in einem und demselben Parallelkreise liegen, welcher vom Aequator um 23½ (Breiten-) Grade absteht; er wird der nördliche Wendekreis genannt. Ein halbes Jahr später (am 21. December) befindet sich die Erde auf der dieser entgegengesetzten Seite ihrer jährlichen Bahn, an der anderen der beiden zuletzt erwähnten Stellen, und die Sonnenstrahlen fallen nun senkrecht auf alle Orte eines zweiten Parallelkreises, welcher in der südlichen Halbkugel, vom Aequator ebenfalls um 23½° absteht; dieser heißt der südliche Wendekreis. — Auf alle Orte, welche innerhalb dieser beiden, um 47° oder etwas über 700 Meilen von einander abstehenden Wendekreise liegen, fallen die Sonnenstrahlen zwei Mal im Jahr senkrecht ein, in sehr ungleichen Zwischenzeiten, welche desto ungleicher sind, je näher die Orte an den Wendekreisen selbst liegen, deren Ungleichheit aber desto geringer wird, je näher die Orte am Aequator liegen. — Der ganze Erdgürtel zwischen den beiden Wendekreisen wird die heiße Zone genannt.

Weil aber die Sonnenstrahlen im Juni auf alle Orte des

nördlichen Wendekreises senkrecht einfallen, und drei Monate vorher, wie drei Monate nachher immer noch auf der nördlichen Halbkugel (Mittags) senkrecht stehen, d. h. auf Orten zu ihrer Mittagszeit, die zwischen dem Aequator und dem nördlichen Wendekreis liegen, — so wird in diesem Zeitraum die nördliche Halbkugel mehr erhitzt, als die südliche. In den anderen sechs Monaten ist gerade das Umgekehrte der Fall, und es wird nun die südliche Halbkugel mehr erhitzt, als die nördliche.

Im März und September, wenn die Sonnenstrahlen auf den Aequator (und auf die Erdachse) senkrecht einfallen, wird noch immer auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich lang sein. Zwischen dem 21. März und dem 21. September dagegen, wo die Sonnenstrahlen auf die nach dem nördlichen Wendekreise zu liegenden Orte (Mittags) senkrecht einfallen, bescheinen sie gleichzeitig von den nördlichen Parallelkreisen die größere, von den südlichen dagegen die kleinere Hälfte; — auf der nördlichen Halbkugel wird daher nun der Tag länger und die Nacht kürzer sein; auf der südlichen dagegen umgekehrt der Tag kürzer und die Nacht länger sich zeigen. In den andern sechs Monaten muß das Umgekehrte statt finden. — Am 21. Juni, wenn die Sonne (Mittags) senkrecht steht auf den Orten im nördlichen Wendekreise, wird die Sonne alle Parallelkreise der südlichen Halbkugel gar nicht mehr treffen, welche vom Pol um weniger als $23\frac{1}{2}^{0}$ abstehen, welche also in einer höheren südlichen Breite als $66\frac{1}{2}^{0}$ liegen; diese Orte werden eine Zeitlang eine, bald mehr bald weniger Erdumdrehungen dauernde Nacht haben; während alle Parallelkreise, welche mehr als $66\frac{1}{2}^{0}$ nördliche Breite haben, gleichzeitig eine Zeitlang fortdauernd Tag haben werden. — Am 21. Dezember hat dieses Ereigniß in beiden Halbkugeln gewechselt. — Die Anzahl der Erdumdrehungen, während welcher die Sonne an diesen, den Polen so nahe gelegenen Orten nie aufgeht oder nie untergeht, ist desto größer, je näher diese Orte an den Polen liegen; und

dicht an den Polen selber wartet man ein halbes Jahr lang oder nahe so lang, auf den Aufgang oder auf den Untergang der Sonne.

Die beiden Parallelkreise, welche von den Polen um 23½.° ab-, welche also in einer Breite von 66½.° liegen, werden die Polarkreise genannt, und der Erdgürtel, welcher in jeder der beiden Halbkugeln zwischen dem Wendekreis und dem Polarkreis liegt und ungefähr 645 Meilen breit ist, heißt die gemäßigte Zone; der übrige Theil der Erdoberfläche dagegen (in jeder der beiden Halbkugeln), welcher zwischen dem Polarkreis und dem Pol liegt, wird die kalte Zone genannt.

Dadurch aber, daß die (Mittags) senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen, die am meisten erwärmen, nicht stets am Aequator sich aufhalten, sondern vom 21. März ab, bis zum 21. Juni allmählig nach dem nördlichen Wendekreise zu rücken, — werden die, oben beschriebenen Witterungsereignisse in den verschiedenen Entfernungen von den Parallelkreisen, auf deren Orte die Sonne senkrecht wirkt, zwar eben so eintreten müssen, wie wir solches oben beschrieben haben, — aber die Stellen, wo sie eintreten, werden ebenfalls gleichzeitig in beiden Halbkugeln mehr nach Norden rücken, folglich in der südlichen Halbkugel mehr nach dem Aequator zu, in der nördlichen Halbkugel mehr nach dem Nordpol zu. — Im zweiten Vierteljahre, also vom 21. Juni bis zum 21. September werden dieselben Witterungsereignisse wiederum mehr nach dem Süden zurückrücken (also auf unserer nördlichen Halbkugel nach dem Aequator hin) und am 21. September an denselben Orten wieder eintreten, an denen sie sich Ende März gezeigt haben. Im dritten Vierteljahre, also vom 21. September bis zum 21. Dezember rücken die (Mittags) senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen in die südliche Halbkugel hinein, bis zum südlichen Wendekreis, und gleichzeitig müssen die Orte der verschiedenen Witterungsereignisse ebenfalls nach Süden zu fortrücken, bis sie im vierten

Vierteljahre zugleich mit den senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen wiederum nach Norden zu, zurückweichen, um in den Parallelkreisen wieder anzulangen, welche sie stets eingenommen haben würden, wenn die Sonnenstrahlen den Aequator allein (Mittags) stets senkrecht beschienen hätten.

Es gestaltet sich nach den gemachten Erfahrungen auf der nördlichen Halbkugel, die von der Wirkung der Sonnenstrahlen herrührende Witterung im Allgemeinen ungefähr folgendermaßen: Vom Aequator ab bis zu 4.° Breite, Jahr aus, Jahr ein, fast ununterbrochene Windstille, gepaart mit großer, am Tage fast unerträglicher Hitze; Die Segelschiffe, welche diesen Strich passiren wollen, liegen unbeweglich; — alles auf denselben wird mehr oder minder ausgetrocknet, verdorben, zerstört; — unerträglicher Geruch der faulenden Stoffe; — fast in jeder Nacht die von Osten herkommenden furchtbarsten Gewitter und Gewitterstürme, von deren Schrecklichkeit wir in den nördlichen Breiten kaum eine Ahnung haben; — ungeheure Regenmassen während des Gewitters, welche jedoch das Gute haben, daß die verzweifelnde Mannschaft immer wieder frisches Wasser bekommt.

Von ungefähr 4.° bis zu 10.° nördlicher Breite zeigen sich dieselben Erscheinungen, aber jetzt vorzüglich im Sommer, im Winter dagegen Passatwind (Ost-Nord-Ost) und ziemlich ununterbrochen regenloser Himmel. — Vom 10.° bis zum 20.° nördlicher Breite, Jahr aus, Jahr ein, der vorgedachte Passatwind, gepaart mit regenlosem Himmel, wenn nicht Gewitter zu Hilfe kommen. — Vom 20.° bis zum 30.° nördlicher Breite, dieselben Erscheinungen, nämlich der Passatwind und der regenlose Himmel, aber nur im Sommer; im Winter dagegen häufiger Regen, aber nicht ununterbrochener. — In dem Gürtel zwischen dem 30.° und 54.° nördlicher Breite (Berlin liegt zwischen dem 51. und 52.) findet erst das sehr veränderliche Wetter statt, welches jedoch im Sommer, den angeführten Gründen

zufolge, im Allgemeinen beständiger sein muß, als im Winter. In diesen Breiten ist in der Regel zuerst Nordwind, dann Nordost, dann Ostwind, hierauf in Verbindung mit dem (oberen) Aequatorialstrom südöstlicher Wind; dann folgt in der Regel Südwind, während es noch hell, aber warm ist. Zuletzt tritt der West- und Nord-Westwind ein, zugleich mit Regen (oder Schnee). — Diese Zone umfaßt das mittlere Asien, die Nordküste von Afrika, ganz Europa und den größten Theil Nordamerika's.

Alle diese Erscheinungen rücken aber in unserem hohen Sommer mehr nach Norden, im hohen Winter unserer (nördlichen) Erdhälfte aber näher nach Süden. Da die Grenzen der Passatwinde in beiden Halbkugeln nur um etwa 8—10.° aus einander liegen, so wird der südöstliche Passatwind (der anderen Halbkugel) in unserem Sommer auf die nördliche Halbkugel herüber gehen, so daß an diesen Orten, wo 6 Monate lang der Nordost-Passatwind geblasen hat, jetzt die andern 6 Monate hindurch der Südost-Passat wehen wird. — Diese regelmäßig von 6 zu 6 Monaten abwechselnden Nordost- und Südost-Passate sind im indischen Meere unter dem Namen der M o n s o o n s bekannt. — Eben so muß die Gegend der Windstillen, in (unserem) Sommer mehr nördlich, im Winter mehr südlich vom Aequator, gefunden werden.

Ueber die Witterungsverhältnisse in den höheren (nördlichen) Breitegraden, haben wir zur Zeit noch zu wenig Erfahrungen machen können; verfolgen wir aber die gegebene Theorie, so scheint man annehmen zu dürfen, daß der obere wärmere Aequatorialstrom sich bereits früher heruntergesenkt und sein Wasser abgegeben hat, daß daher in den höchsten Breiten wiederum der Nord- und Nord-Ostwind vorwaltet mit heiterem Wetter begleitet. Auch haben die Expeditionen, welche bis über den 80.° nördlicher Breite vorgedrungen sind, klares Wetter und die langen Nächte sehr sternhell (und viel heller als bei uns) gefunden. Die vorhin angegebenen Erfahrungen, sowie das daraus her-

vorgegangene Gesetz der Drehung der Winde, verdanken wir vorzugsweise dem unermüdlich sammelnden Fleiße des Professors Dove zu Berlin, und seinen geistreichen Combinationen; die Idee dagegen, daß die Hitze in der heißen Zone die Hauptursache unserer Witterungsverhältnisse sei, und daß durch sie die beiden in entgegengesetzten Richtungen über einander hingehenden Luftströme erzeugt werden, und durch sie wiederum das Wetter, hat, wie so vieles Andere, Alexander von Humboldt zuerst ausgesprochen. Die Thatsache aber, nämlich daß da, wo kältere und wärmere Luft neben einander sich befindet, allemal unten die kältere Luft in die wärmere hinein, gleichzeitig aber oben die wärmere Luft in die kältere hineinströmt, erklärt zu gleicher Zeit die örtlichen Aenderungen dieser allgemeinen Witterungsverhältnisse, d. h. mit anderen Worten, die an einzelnen Orten, oder in einzelnen Zeiten sich zeigenden Ausnahmen des allgemeinen Gesetzes. — Das feste Land z. B. wird schneller und stärker erhitzt als das unmittelbar daran grenzende Meer, wegen dessen Beweglichkeit, es werden kann; dagegen kühlt das erstere sich auch wiederum schneller und mehr ab, als das letztere. Die Sonnenstrahlen erwärmen also während des Tages die um die Meere rings herum liegenden Ufer schneller und stärker; — die Luft, unmittelbar über den Ufern, wird daher schon früh viel wärmer, als die Luft über dem angrenzenden Meere; die kältere Seeluft strömt also Vormittags in die wärmere Landluft hinein; und dieß ist deshalb die Zeit, bis zu welcher die angekommenen Schiffe harren müssen, um mit diesem Seewinde den lang ersehnten Hafen erreichen zu können. Am Abend dagegen strahlt die Erde ihre Wärme wiederum viel schneller aus, als die angrenzende See; die unmittelbar über dem Ufer befindliche Luft wird also schneller kalt als die, unmittelbar über der See befindliche; — die untere kältere Luft des Landes strömt also nun in die untere noch wärmere Luft der See hinein, und mit diesem Landwinde können

nun die Schiffe den Hafen verlassen und ihre Reise antreten, im Falle nicht, da diese Orte immer noch den allgemeinen Witterungsverhältnissen unterliegen, ein diesen letzteren entsprechender, vorhandener Gegenwind diesen sanften Landwind aufhebt und das Auslaufen hindert. Ein ähnlicher, aus der allgemeinen Ursache hervorgehender Wind, kann natürlich auch das Auslaufen oder das Einlaufen zu jeder Tages- oder Nachtzeit gestatten.

Eben so verändern sich die Witterungsverhältnisse von ganz Europa in Vergleich mit denen in Asien und in Amerika, wenn man zur Vergleichung Orte nimmt, welche in einem und demselben Parallelkreis liegen, also gleiche Breite haben, — durch die, in Afrika (aber noch in der nördlichen Halbkugel) liegende große Wüste Sahara; die noch ziemlich steil, ja in unserem Sommer (Mittags) meist senkrecht auf sie fallenden Sonnenstrahlen, erhitzen den Sand derselben ungemein; die heiße, aber trockene Luft, die aus ihr in die Höhe steigt, nimmt oben die südwestliche Richtung und kommt da, wo sie sich wieder herunter senkt, früher oder später, unten als eine warme und mehr oder minder trockene Luft, je nachdem sie sich, minder oder mehr mit dem Aequatorialstrom vereinigt hat, in der Nähe der Erdoberfläche an; dieser heiße und trockene Wind ist in Italien unter dem Namen des Scirocco und in den Alpen unter dem Namen des Föhnwindes bekannt und gefürchtet. — Diese Wüste ist die Ursache, daß ganz Europa ein viel wärmeres Klima hat, als Asien oder Amerika unter gleichen Breitegraden, und daß im nördlichsten Europa, z. B. bei Drontheim in Norwegen, noch Getreide reif wird, während in Asien und Amerika unter viel geringeren Breitegraden diese Feldfrüchte nicht mehr gebaut werden können. — Das kalte Canada liegt so südlich als Paris. — New-York hat die kalte Temperatur von Upsala in Schweden, liegt aber nicht viel nördlicher als Neapel. — Während in Spitzbergen noch ein kurzer Sommer ist, hat die um 3.° südlicher gelegene Melleville-Insel,

eben weil sie, ihrer Lage nach, von der aus der Wüste Sahara kommenden Wärme nicht berührt wird, an einem Sommertag noch 10—12.° Kälte.

Ferner wird die Witterung auch häufig an einzelnen, wenn auch oft größeren Stellen der Erdoberfläche durch die Gewitter verändert. Obgleich es Gewitter auch im Winter giebt, so sind sie doch im Sommer am häufigsten; ihre Ursache ist ebenfalls mit in der Veränderung der Wärme zu suchen; bei ihnen zeigt sich in dem Blitze eine neue, von uns bis jetzt noch nicht vorgeführte Kraft, nämlich die Elektrizität; wir können sie daher zur Zeit hier noch nicht näher betrachten und wollen nur noch die Thatsache aussprechen, daß, während der Bildung derselben in einem größeren oder geringeren Fleck, ja vielleicht gleichzeitig an mehreren verschiedenen Stellen der Atmosphäre, eine plötzliche bedeutende Abkühlung der Luft, und zwar in den unteren Schichten, erzeugt wird (denn die Gewitter gehen nie hoch), und daß daraus sich die heftigen Stürme und Orkane erklären lassen, welche die Gewitter begleiten und welche oft eine größere Strecke der Erdoberfläche überziehen, obgleich sie immer doch nur als örtliche Erscheinungen betrachtet werden können, eben so wie nur einzelnen Zeitpunkten angehörig.

Auf welche Weise aber die Blitze und die plötzlichen Erkältungen größerer Luftmassen, sich bilden, woraus dann die Stürme oder Orkane, und die massenhaften Niederschläge hervorgehen, — darüber haben die gelehrten Physiker zwar bereits verschiedene Hypothesen aufgestellt, ohne daß jedoch bis jetzt eine derselben mit hinreichender Ueberzeugung als eine nothwendig richtige anerkannt werden konnte. Man wird daher hierüber in dieser Vorlesung um so weniger einen Aufschluß von mir erwarten, als ich eben bisher vorläufig von den vorhandenen Naturkräften nur zwei derselben betrachtet und in ihren Wirkungen verfolgt habe, diese Fragen also jedenfalls erst dann vorgelegt werden können, nachdem weitere Natur-

kräfte in Betrachtung gekommen sind. — Bei einer späteren Betrachtung der chemischen Eigenschaften des Stoffes wird es uns jedoch vergönnt sein, die wahrscheinlichste Ursache der Gewitter noch näher besprechen zu können.

Obgleich endlich, dem Gesagten zu Folge, der Nord-Ostwind in der Regel trocken, also nicht von Regen oder Schnee begleitet ist, so kann er doch beides verursachen, wenn die uns gerade umgebende Luft mit Wasserdampf geschwängert, und der ankommende Nord-Ostwind viel kälter ist. Seine Kälte wird dann den vorhandenen Wasserdampf zersetzen und in Regen oder Schnee umwandeln; ein solcher Niederschlag wird aber in der Regel nie lange andauern.

Ueberschauen wir nun unsere bisher gewonnenen Resultate, so müssen wir von der Allmacht Gottes mit gerechter und der größten Bewunderung erfüllt werden. Er verleiht dem Stoffe zwei allgemeine Eigenschaften, die Anziehungskraft und die Wärme als Dehnkraft; diese richten sich nach höchst einfachen Gesetzen; und die große Menge der Folgerungen daraus, so viel wir deren auch bereits gezogen haben, ist von uns nicht zu übersehen, noch weniger aber die Wichtigkeit, welche aus der Wirkung dieser beiden Kräfte für den ganzen Haushalt der Natur und für die, die Erde bewohnenden Geschöpfe hervorgeht.

Wir können nur Einiges davon andeuten. — Die Existenz aller Thiere und des Menschen hängt von dem Vorhandensein guter, reiner Luft, insbesondere aber eines großen Pflanzenvorrathes ab, durch welchen sie sich unmittelbar oder mittelbar ernähren; die Pflanzen bedürfen zu ihrem Wachsthum und Gedeihen vorzugsweise einer größeren Menge Wassers und zwar nicht blos und sogar dem kleinsten Theile nach des, das Land bedeckenden Wassers, nämlich der Meere und Seen, sondern des Wassers, welches von Zeit zu Zeit das aus dem Meere hervorragende Festland hinreichend befeuchtet. Um dieß Wasser zu liefern, wirkt nun die Hitze der Sonnenstrahlen gleichsam wie

eine große Dampfmaschine, die darum wiederum nur in einem Theile der Erdoberfläche angebracht zu sein scheint, damit nicht eine gleiche, sondern eine ungleiche Erwärmung hervorgebracht werde und so die Winde entstehen, welche einerseits sich über einen großen Theil der Erdoberfläche verbreiten, und diesem dadurch das so nothwendige Wasser liefern *), und durch welche andererseits zugleich die Lufttheile in fortwährender Bewegung gehalten werden, so daß die örtlich entstehenden, zum Athmen unbrauchbaren, dem Leben der Thiere und des Menschen schädlichen Gasarten in die Gesammtmasse der Luft gleichmäßig vertheilt, und dadurch für Thiere und Menschen unschädlich gemacht werden, während sie nichtsdestoweniger ihre eigenen Zwecke bereits erreicht haben und noch fernerhin erreichen. — Und in diesem Allen wiederum die größte Mannigfaltigkeit. — An den Stellen der Erdoberfläche, wo die Polarströmungen und der Aequatorialstrom nicht vermögen, den eben bezeichneten Zweck zu erreichen, wie z. B. in den Gegenden der Windstillen und der Passatwinde, da bringen dieselben einfachen Ursachen die häufigen Gewitter, und durch sie, diese heftigen Orkane hervor und die massenhaften Niederschläge (Regen), welche dort zur Erreichung des erwähnten Zweckes am nothwendigsten sind. —

---

*) Nach einer sorgfältigen Schätzung wird $\frac{1}{3}$ der Gesammt-Sonnenhitze zur Bildung des Wasserdampfes, der sich in der Atmosphäre verbreitet und später als Regen oder Schnee sich wieder niederschlägt, als gebundene Wärme verbraucht. Wie man bei Dampfmaschinen die Kraft der entwickelten Dampf-Menge in Pferdekräften auszudrücken pflegt, würde dieser, jährlich durch die Sonnenhitze aus den Meeren erzeugte Wasserdampf einer Kraft von 16 Billionen (d. h. 16,000,000,000,000) Pferdekräften gleichkommen. Der Regen (oder Schnee), welcher im Durchschnitt auf jeden Morgen der Erdoberfläche täglich fällt, kommt, als Wasserdampf gedacht, einer täglichen Arbeit von 80 Pferden gleich.

Und damit das, von den Höhen der Berge herunterströmende Wasser, welches die Bäche, Flüsse und die Ströme erzeugt, nie versiegen möge, liegt in den einfachen Gesetzen der genannten beiden Kräfte zugleich die Ursache, daß die Höhen eine verhältnißmäßig kältere Temperatur haben, vermöge welcher die vorüberziehenden Wolken leichter und häufiger zersetzt werden, die Höhen also gerade viel mehr des Regens und des Schnees zugetheilt erhalten, als die tiefer gelegenen Flächen, und deshalb ihr Wasser fortwährend wiederum nach den Tiefen abfließen lassen können. — Möchten aber auch die Menschen diesem Zwecke des allmächtigen Schöpfers nicht dadurch entgegenarbeiten, daß sie die Höhen abholzen, dadurch das zu schnelle Abfließen der Gewässer und ihre Verdunstung befördern und sich zeitweise oder (an anderen Orten) für immer, einer Wohlthat begeben, ohne welche ihre eigene Existenz auf das bedrohlichste gefährdet wird.

Zum Schlusse wollen wir noch einige Bemerkungen hinzufügen. — Die Passatwinde nannten wir stets nordöstliche Winde in der einen Halbkugel und südöstliche in der andern, eben weil es die von den Polen nach dem Aequator hin gehenden Luftströme sind, die eine weit geringere Drehgeschwindigkeit (von Westen nach Osten) als die Orte haben, zu denen sie hinkommen, so daß die letzteren der Luft vorauseilen, folglich die Luft durchspalten, d. h. die Luft gegen sich haben, so daß diesen Orten dieselbe Strömung zugleich als Ostwind erscheint. In der Wirklichkeit zeigen sich nun die Passatwinde mehr östlich als nördlich, und in der andern Halbkugel mehr östlich als südlich; sie sind daher diesseits des Aequators Ost-Nord-Ost-, und jenseits des Aequators Ost-Süd-Ost-Winde, während sie jedoch auch in unserem Sommer und in unserem Winter, wie wir oben gesehen haben, den Aequator wechselseitig überschreiten. Wir können uns darüber nicht wundern, daß diese Passatwinde mehr östlich sind, wenn wir bedenken, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde so sehr groß ist, also auch der Unter-

schied der Umdrehungsgeschwindigkeit der, vom Norden nach dem Aequator zu, strömenden Luft in der Regel noch größer sein muß, als die Geschwindigkeit dieser Strömung selbst.

Wie heftig die Orkane sind, welche in den warmen Gegenden ausbrechen, beweist ein Bericht über den Orkan auf Guadeloupe am 25. Juni 1825, wonach große Kanonen (sogenannte 24-Pfünder) weit weggeschleudert worden sind. — In einem andern Sturm ist ein langes und 2 Zoll dickes Brett gegen einen großen Baum so geschleudert worden, daß das Brett durch den Stamm durchgedrungen und darin stecken geblieben ist.

Bei Gewittern entstehen oft zwei Stürme oder auch zwei Orkane nicht weit von einander in entgegengesetzten Richtungen; wahrscheinlich, wenn nicht gewiß, deshalb, weil zwei oder mehr von einander entfernte Luftmassen während des Gewitters nahehin gleichzeitig eine bedeutende Abkühlung erfahren. Die zwischen solchen Strömen liegende oder aufgestaute Luft wird dann von beiden Strömen im Wirbel gedreht, während diese Wirbel fortschreiten bald in mehr gerader Richtung, bald in krummen Linien, die sich übergreifen; und diese Wirbelwinde haben zuweilen eine solche Stärke, daß sie das Meer aufwühlen, auch große Wassersäulen mit sich fortführen, auf dem Lande aber Bäume, Gebäude und alles aus dem Boden reißen, was sie auf ihrem Wege vorfinden. Solche vom Wirbelwind fortgeführte Wassersäulen werden Wasserhosen genannt, während der heftige Wirbelwind selbst eine Windhose genannt wird. — Alle diese Erscheinungen verschwinden in der Regel mit dem Gewitter, eben weil sie nur augenblicklichen und örtlichen Ursachen ihr Dasein verdanken.

Dreizehnte Vorlesung.

Die Wärme in Verbindung mit der Anziehungskraft als Ursache der Meeresströmungen.

Es ist klar, daß dieselbe große Sonnenhitze in der heißen Zone, eine Bewegung in den Meeren hervorbringen muß, ganz ähnlich derjenigen, welche sie in der ebenfalls flüssigen Luft hervorbringt, nur modificirt (d. h. abgeändert) einerseits durch die Eigenthümlichkeit der tropfbar flüssigen Masse, andererseits dadurch, daß nicht ¾ der Erdoberfläche von den Meeren bedeckt ist. — Der Meeresspiegel in der heißen Zone verliert durch die viel stärkere und ungemeine Verdampfung, fortwährend an Höhe, und das Meer strömt daher auf beiden Seiten, also in der Richtung von den Polen nach dem Aequator zu, nach den durch die Verdampfung tiefer werdenden Stellen der heißen Zone hin; und so hat man die Polarströme des Wassers, wie die der Luft; so wie die letzteren kältere Luft bringen und eine geringere Drehgeschwindigkeit haben, daher auf der nördlichen Halbkugel nordöstlich und auf der südlichen Halbkugel südöstlich werden, gerade so bringen die Polarströme des Wassers, kälteres Wasser, in bezüglich nordöstlicher und südöstlicher Strömung. Dieses kältere Wasser, welches von beiden Seiten nach der heißen Zone zuströmt, senkt sich aber vermöge seiner größeren Dichtigkeit nach unten, treibt das wärmere Wasser auf beiden Seiten nach oben, stauet es, eben weil es von beiden Seiten zuströmt, zu gleicher Zeit abwechselnd etwas auf, — und dadurch wird das wärmere Wasser der heißen Zone wiederum veranlaßt, nach den Polen hin abzufließen, und so bilden sich Aequatorialströme, welche wegen der größeren Drehgeschwindigkeit des abfließenden Wassers, an den Orten, wo sie hinfließen, nothwendig abermals in unserer Halbkugel eine südwestliche in der anderen Halbkugel dagegen eine nordwestliche Richtung annehmen, d. h. sie kommen in der nördlichen Halbkugel aus

dem West-Süd-West, in der südlichen dagegen aus dem West-Nord-West. Diese Aequatorialströme sind also wiederum der Richtung nach den Polarströmen entgegengesetzt und so lange oberhalb der letzteren, als das Wasser noch nicht so weit abgekühlt ist, um sich mit dem Wasser der unteren Strömung vermischen zu können.

Wenn aber schon die Hauptluftströmungen durch örtliche Ursachen zeitweise eine Aenderung erfahren, so ist dieß noch vielmehr bei den Wasserströmungen der Fall, weil das Wasser nicht den ganzen Erdkörper umgiebt, sondern in die, durch das feste Land gebildeten Ufer eingeengt ist, wenn es auch nahehin ¾ der gesammten Erdoberfläche bedeckt. An den Ufern werden also diese Strömungen nach den verschiedenen Oertlichkeiten auf das Mannigfaltigste gebrochen und abgelenkt werden, und man muß sich daher hier noch viel mehr als bei den Luftströmungen an die Erfahrung halten, als an die Theorie, und sich mit der Ueberzeugung begnügen, daß wiederum die ungleiche Erhitzung die Hauptursache derselben ist. Daß heftige Winde überhaupt, und die regelmäßigen Passatwinde insbesondere, diese Meeresströmungen ebenfalls noch abändern, braucht nicht besonders erwähnt zu werden.

Unter den bekannten bedeutenderen Strömungen der Meere steht der Golfstrom oben an; er gehört zu den südwestlichen Strömungen in der nördlichen Halbkugel und bringt das, in dem Golf von Mexiko bedeutend erhitzte Wasser nach der Westküste von Europa, von der Bucht von Biskaya an, bis nach Irland und noch weiter hinauf; er bringt jenen Küsten ein bedeutend wärmeres Klima und ist den, von Amerika heimkehrenden Schifffahrern von dem wesentlichsten Nutzen, denn er hat eine Geschwindigkeit von 30 Meilen täglich, im Durchschnitt. Die Wärme, welche der Golfstrom mitbringt, ist so bedeutend, daß im Januar die Wärme von Straßburg an, in der Richtung

des Meridians, bis an den Polarkreis hin, überall eine und dieselbe ist (im Mittel) *).

Eine ähnlich starke (Süd-Nord-Süd-)Strömung, vom östlichen Ufer Südamerika's (jenseits des Aequators) ausgehend, wie sie theoretisch vorhanden sein muß, ist nicht bemerkt worden. Es strömt aber dort vorzugsweise die Fluth, welche durch die Anziehung des Mondes veranlaßt wird, täglich zwei Mal von Osten nach Westen, der erstgedachten Richtung entgegen. — Vom Norden her aber kommen mit der Polarströmung des Wassers, wie der Luft, die Eisberge getrieben, und werden den nach Amerika Hinfahrenden zuweilen höchst gefährlich; wahrscheinlich ist der vor mehreren Jahren erfolgte spurlose Untergang des großen Dampfschiffes „der Präsident," solchen Eisbergen zuzuschreiben. — Längs der nördlichen Grenze des Golfstromes berühren sich kaltes und warmes Wasser. — Daß von den Küsten Grönlands aus eine, wenn auch nicht so mächtige Strömung kalten Wassers in nordöstlicher Richtung stattfindet, ist dadurch bewiesen, daß eine, in der Nähe der Südspitze Grönlands in das Wasser geworfene Flasche an der Küste von Teneriffa angekommen ist.

Zwischen dem 80.° und 100.° östlicher Länge von Paris, kommt auf der südlichen Halbkugel, in einer Richtung vom Südpol her, ein mächtiger Strom kalten Wassers nach der Westküste von Neuholland, und wird von selbiger abgelenkt. Er geht dann von der Westküste Neuhollands ziemlich in der Richtung des Südostpassates, offenbar von letzterem Winde begünstigt, quer durch den indischen Ozean bis an die afrikanische Küste, — wird daselbst abermals abgelenkt, geht um das Cap der guten

*) Selbst der nördliche Theil von Norwegen hat Theil an der Wärme des Golfstroms, denn, wenn man in Norwegen von Süden nach Norden zu geht, vermindert sich die mittlere Temperatur nicht, sondern im Gegentheil, sie erhöht sich in etwas.

Hoffnung herum, und lenkt dann wieder von der Angola-Küste ab, um quer über den atlantischen Ozean weg, an die Küste von Südamerika zu gelangen, wo er am Cap Roque sich spaltet und nördlich und südlich sich hinzieht; der nördliche fällt in den mexikanischen Meerbusen, um bei Florida das warme Wasser des Golfstromes in die Höhe heben zu helfen. — Vom 160.° bis zum 220.° östlicher Länge, also in einer ungeheuren Ausdehnung, strömt mächtig das eiskalte Wasser vom Südpole her, wendet sich etwa unter dem 50.° südlicher Breite südöstlich nach der Küste von Peru und giebt diesem Lande, obgleich es fortwährend den senkrechten Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, ein gemäßigtes Klima. Dieser Strom wird an der letztgedachten Küste wieder abgelenkt, und geht, nahe in einer Breite von 45.°, nachdem die Wassermasse erwärmt worden ist, mit nicht mehr sehr bedeutender Geschwindigkeit über den stillen Ozean, einerseits an den Inseln Timor und Celebes hin, vorzugsweise aber an die Chinesische Küste. — Alle diese Strömungen, welche, wenn auch nicht die Geschwindigkeit des Golfstromes, doch häufig eine Geschwindigkeit von 15 Meilen täglich haben, sind den Schifffahrern von großer Wichtigkeit. Die vielen kleineren, oft sehr örtlichen, von den Schifffahrern bekannten und benützten Meeresströmungen namentlich zu erwähnen, würde uns hier zu weit führen.

Der Temperaturunterschied des Meerwassers in diesen Strömungen ist sehr bedeutend, von 22.° Wärme bis zu 9°.

Entgegengesetzte Strömungen bringen da, wo sie sich begegnen, Wasserwirbel, sogenannte (Meeres-)Strudel hervor; von denen die unbedeutendere Charibdis den Alten schon bekannt war, während der Mälstrom, ein Strudel an der Norwegischen Küste, von beinahe 4 Meilen Durchmesser, bei weitem gefährlicher ist. — Die meisten Strudel, wie auch die beiden genannten, werden aber nicht allein durch die Strömungen hervorgebracht, welche wir hier als eine Folge der ungleichen

Erwärmung der Erdoberfläche mittelst der Sonnenstrahlen verfolgt haben, sondern vielmehr durch die von der Anziehungskraft des Mondes und der Sonne entstehende Bewegung des Meeres, welcher wir bereits in einer früheren (der 4ten) Vorlesung unter dem Namen der Fluth (und Ebbe) Erwähnung gethan haben.

Verfolgen wir diese von der Anziehungskraft bewirkte Bewegung des Meeres hier noch etwas mehr, um die Gesammtbewegung des Meeres besser zu übersehen; und berücksichtigen wir zunächst blos die Anziehung des Mondes, welcher eine mehr als 4 mal so große Fluth bewirkt als die Sonne.

Der Mond bildet auf demjenigen Theile der Meere, welcher ihm augenblicklich zugekehrt ist, indem das leicht bewegliche Wasser der Anziehungskraft desselben schneller nachgiebt, als der feste Erdkern, einen Wasserberg, dessen Gipfel in dem Meridian liegt, welcher bei der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Achse, gerade im Angesicht des Mondes sich befindet; auf der dem Monde eben jetzt abgekehrten Seite der Erde, in dem gerade entgegengesetzten Meridian, bildet sich gleichzeitig ein zweiter ganz ähnlicher Wasserberg, weil hier der feste Erdkern nach dem Monde hin etwas abgezogen wird, und die Gewässer, ihrer Eigenthümlichkeit wegen, nicht eben so rasch nachfolgen. — Jeder dieser beiden Wasserberge bleibt fortwährend genau in der Richtung zwischen dem Mond und dem Mittelpunkt der Erde, während ein westlicher gelegener Meridian der Erde nach dem anderen, unter diesen Gipfel hindurchgeht, d. h. mit anderen Worten: jeder dieser beiden Wasserberge mit seinem Gipfel bewegt sich mit der Geschwindigkeit der Erdumdrehung, aber ihr entgegen, also von Osten nach Westen, auf der Oberfläche der Meere fort, nicht aber so, daß sein Wasser immer dasselbe bliebe, sondern: die westlicher gelegenen Meerestheile werden, so wie sie gegen den Mond hinrücken, aufs Neue in die Höhe gezogen und bilden den neuen Gipfel, während der frühere Gipfel nach Osten

und zum Theil auch südlich und nördlich wiederum abfließt. — Gelangt nun einer dieser Wasserberge auf seinem Wege nach Westen zu, an irgend ein Festland, so kommt der andere nach 12 Stunden an dieselbe Stelle, und so wechseln sich beide alle 12 Stunden ab. Die Ufer werden stark überfluthet, während das Meer, wegen des beständigen Abfließens des Wassers von dem Wasserberge, in beständiger Bewegung bleibt. Ganz das Gleiche wirkt die Sonne, nur daß der Grad der Wirkung ein viel geringerer ist.

Diese beiden Bewegungen bringen nun nach dem jedesmaligen verschiedenen Stande des Mondes und der Sonne gegen die Erde, eine sehr gemischte Wirkung hervor, welche an einzelnen Stellen sehr bedeutend, an andern sehr wenig merklich werden kann.

Ein solcher Wasserberg geht zunächst an die Ufer von Neuholland und Südasien, dann um Afrika's Südspitze herum und kommt bei Fez und Marocco an. Das von ihm abfließende Wasser geht 2 Stunden später als Fluth in die Meerenge von Gibraltar und um Portugals Küste; wiederum eine Stunde später tritt diese Fluth in den Kanal und an die Westküste Englands. An Irlands schroffen Küsten und an den zahlreichen Inseln im Norden aufgehalten, aber durch einen viel kleineren Wasserberg, der sich in den nördlichen Gewässern aus derselben Ursache gebildet hat, theils gestört, theils vermehrt, kommt die Fluth erst 4 Stunden später an das obere Ende der Nordsee und an die norwegischen Buchten. Unterdessen ist die Hauptwelle von Afrika's Südspitze ab, über den atlantischen Ozean nach der Ostküste Amerika's, immer mit einer ungemeinen Geschwindigkeit, nämlich mit der Umdrehungs-Geschwindigkeit der Erde um ihre Achse, fortgeschritten; hier wälzt sie sich nach Norden zu fort und erreicht an einzelnen, die Bewegung vorzüglich hemmenden Stellen eine Höhe von 80 Fußen, z. B. in der Fundy-Bai. — Und weil

die durch den Kanal (la Manche) in die Nordsee gehende Fluthwelle eigentlich blos in dem Abfließen der Gewässer des nach dem Westen ziehenden Wasserberges besteht, so müssen die Fluthen in der Nordsee verhältnißmäßig eine geringere Höhe haben, und nur an denjenigen Stellen, wo die abfließenden Gewässer in einem engeren Raum zusammengepreßt werden, müssen natürlich auch die Fluthen etwas höher steigen, so wie auch da, wo die dem Nordmeere eigenthümliche Fluth (an den Ostküsten Englands und der übrigen Inseln) mehr sichtbar wird.

Wenn man die combinirten Ursachen der örtlichen Fluthen und die mannichfachen Hindernisse bedenkt, welche ihrem Laufe entgegentreten, so begreift man leicht, daß die Fluthverhältnisse an den einzelnen Küstenorten zu große Verwickelung erfahren, als daß sie einer genaueren Berechnung unterliegen könnten; obgleich man die Hauptursachen derselben, der Zeit, dem Orte und der Größe nach, ziemlich genau angeben kann.

Die Fluth bringt zuweilen an den Ausmündungen der Ströme in das Meer eigene Erscheinungen hervor. An der Mündung der Dordogne in die Gironde kommt das Meerwasser, welches in wenigen Minuten zur Höhe eines Hauses ansteigt, mit der Schnelligkeit eines in Carriere dahin rennenden Pferdes, aber nur als eine einzige hohe Welle, den Fluß hinauf, und die Anwohner nennen diese Erscheinung die „Wasserratte." — Ganz Aehnliches findet sich auf dem Mississippi, auf den Flüssen der Hudsons-Bai, in mehreren Nebenflüssen des Ganges, wie auch auf dem Marannon (Amazonenfluß), dessen Anwohner diese Erscheinung die Pororóca nennen. Die Fluth, statt allmählig in den Fluß hinaufzusteigen, erhebt sich in wenigen Minuten zu ihrer höchsten Höhe, drückt den Fluß herunter, und wälzt sich dann über ihn fort, einer Mauer gleich, mit einem Getöse, welches anderthalb Meilen weit gehört

werden kann. Diese gefährliche Fluthwelle nimmt zuweilen die ganze und bekanntlich große Breite des Marannon ein; an Untiefen erhebt sie sich zu 12 bis 15 Fuß, an sehr tiefen Stellen dagegen senkt sie sich und verschwindet fast gänzlich; und Schiffe, welche an solchen Stellen die Fluth erwarten, sind vor ihrer Wuth gesichert, während weiter oberhalb die Welle wieder erscheint, um später abwechselnd wieder zu verschwinden und wieder zu erscheinen. Im Hoohly-River (in der Hudsons-Bai) wird diese rasch aufwärtslaufende hohe Fluthwelle „Bore" genannt. — Sie entsteht offenbar dadurch, daß das stark ausströmende Wasser des Stromes, das Wasser der ihr entgegenkommenden Fluthwelle bis zu der angeführten Höhe aufstaut, zuletzt aber von der mächtigeren Fluth überwunden wird. An den seichten Stellen ist die Strömung des Flusses geringer, also auch die Aufstauung. Der hydrostatische Druck des aufgestauten Wassers kann dabei nicht ohne einige Mitwirkung bleiben.

In der allerneuesten Zeit haben englische Seefahrer die Bemerkung gemacht, daß die Fluth in der Mitte der Meere gar nicht so bedeutend sei, als man sie bis jetzt gehalten hat. Man gieng darauf weiter und bezweifelte auch die Ansicht, die man von der Ursache der Fluth aufgestellt hat, und die ich oben mitgetheilt habe. Man lasse sich aber dadurch in der hier aufgestellten Ansicht nicht irre machen. Wie hoch der Wasserberg werden müsse, welchen die Anziehungskraft des Mondes verursacht, läßt sich theoretisch genau nicht bestimmen, weil bei den Untersuchungen über das Gleichgewicht und die Bewegung des Wassers, dem Mathematiker große Schwierigkeiten in den Weg treten. Wie hoch der Wasserberg sein müsse, um an den Ufern die bekannten Fluthen hervorzubringen, läßt sich noch weniger genau angeben, da dieß von der Lage, Gestalt 2c. 2c. der Ufer selbst mit abhängt. Daß die Fluth an den Ufern viel entschiedener und viel augenfälliger auftreten muß, als in der

Mitte der Meere, versteht sich ohnedieß von selbst. Endlich ist es auch sehr schwierig, die Höhe der Fluth in der Mitte der Meere nur einigermaßen genau zu bestimmen. Deshalb ist die angeführte Thatsache nicht geeignet, uns von einer Ansicht abzulenken, welche der Natur der wirkenden Kraft und der Leichtbeweglichkeit des Wassers gleich entsprechend ist.

Vierzehnte Vorlesung.

Die Polarkraft in ihren Erscheinungen als Magnetismus und als Elektrizität.

Ich habe bis heute zwei Kräfte verfolgt, nämlich die Anziehungskraft (Attraktion) und die Dehnkraft (Wärme), und wir haben gesehen, welche Reihe der Erscheinungen das Wirken jeder einzelnen derselben für sich und dann auch ihr Zusammenwirken, zur nothwendigen Folge hat. Ich komme nun heute zur Betrachtung der dritten Kraft, die ich hier kurz Polarkraft nenne und welche bald als Magnetismus, bald als Elektrizität, bald als Galvanismus auftritt, bald aber auch als Ursache der sogenannten chemischen Verbindungen (des Chemismus) erkannt werden muß. — Aus dem Zusammenwirken dieser drei Kräfte (nämlich der Anziehungs-, der Dehn- und Polarkraft) lassen sich die meisten (irdischen) materiellen Erscheinungen, so wie alle Veränderungen, welche die Erde fortwährend erlitten hat und auch noch ununterbrochen erleidet, so weit sie uns bekannt werden können, eben so einfach als genügend erklären, — so daß man in einem gewissen Sinne sagen kann, daß Gott sich als „Dreieinigkeit der Kraft" in der materiellen Schöpfung offenbare.

Betrachten wir aber heute zunächst den Magnetismus und die Elektrizität.

Legt man einen Eisenstab so, daß er seiner Länge nach in der Richtung von Süden nach Norden liegt, so wird er im Laufe einer längeren Zeit magnetisch, d. h. er zeigt an seinen beiden Enden, von denen wir das gegen Norden gelegene den Nordpol, das andere aber den Südpol nennen wollen, das Vermögen, Eisenfeile, überhaupt sehr kleine Stückchen Eisen, mit besonderer, die gewöhnliche Anziehungskraft bei weitem übersteigender Kraft, an sich zu ziehen, so daß letztere an ihm haften bleiben. Ist der Stab reines Eisen gewesen, so verliert er diese Eigenschaft sehr bald, wenn er aus der gedachten Lage gebracht wird; — war aber das Eisen phosphor-, sauerstoff- oder kohlenstoffhaltig (Stahl) und war letzterer noch gehärtet, d. h. nach dem Ausglühen (in kaltem Wasser) schnell genug abgekühlt, so behält der Stab diese magnetische Eigenschaft; man hat nun einen (in der Regel schwachen) Magnet. Da Eisenstäbe, die sehr lange dem Wind und dem Wetter ausgesetzt liegen, theils Kohlensäure und mit ihr Kohlenstoff, theils von dem Sauerstoff der Luft (an ihrer Oberfläche) in sich aufnehmen, so erklärt es sich, warum auch ein Stab reines Eisen, der Jahre lang in der gedachten Richtung (im Freien) gelegen hat, sich in einen bleibenden Magnet umwandelt, wenn auch immer nur in einen schwachen.

Hängt man zwei solche Magnete in ihrer Mitte auf, so daß sie in dieser horizontalen Lage sich leicht drehen können, so findet man, daß die ungleichnamigen Pole einander anziehen, die gleichnamigen aber einander abstoßen; also zwei Nordpole stoßen sich gegenseitig ab; — eben so zwei Südpole.

Man findet ferner, daß wenn das eine Ende einer Näh-Nadel an den Nordpol eines Magneten gehalten wird, dieses Ende der Nadel Südpol, das entgegengesetzte Ende aber Nord-

pol der dadurch magnetisch gewordenen Nadel wird. — Ganz analoges findet statt, wenn die Nadel mit ihrem einen Ende an den Südpol des Magneten gebracht wird; dieses Ende wird der Nordpol, ihr anderes Ende aber der Südpol der magnetisch gewordenen Nadel.

Zieht ein Magnet mit einem seiner Pole Eisenfeile an, so hängen sich die einzelnen Stückchen derselben hinter einander an, weil jedes durch die Berührung (oder schon Annäherung) an den Magnet oder an das vorher schon angezogene Stückchen, zeitweilig selbst ein Magnet wird, so daß diese Magnete alle mit ihren ungleichnamigen Polen an einander hängen.

Wird ein Magnetstab der Quere nach durchbrochen, so sind die einzelnen Theile noch Magnete, indem sich an der Durchschnittsstelle, in dem einen Stück, welches den Nordpol des ganzen Magneten hatte, ein Südpol dazu zeigt, in dem andern Stück aber, welches den Südpol des ganzen Magneten hatte, ein Nordpol dazu entsteht.

Dieß wiederholt sich, so oft man den Magneten durch Querschnitte in kürzere Magnete zerlegen mag.

In einem Magnete sind also von seinem einen Pole nach dem andern hin, unendlich viele unendlich kleine Magnete, welche mit den ungleichnamigen Polen aneinanderliegen. Und da ein solcher Magnet auch außer seiner Länge noch Breite und Dicke hat, so kann man sagen, daß der ganze Magnet aus, in der Breite und Dicke desselben neben einander liegenden, die Breite und Dicke erfüllenden Längen besteht, deren jede aus unendlich vielen unendlich kurzen, mit ihren ungleichnamigen Polen an einander hängenden Magneten gebildet ist.

Nimmt man einen Stab von gehärtetem Stahl, und bestreicht man ihn mit einem der Pole eines Magneten, indem man den Stab von dem einen Ende anfangend bis zum andern Ende hin, an den Pol des Magneten hinzieht, aber nie zurückstreicht, sondern weit absetzt, den Rückweg in großer Entfer-

nung von dem Magneten machen läßt, dann aber dasselbe Streichen wiederholt in derselben anfänglichen Richtung, — so verwandelt sich der Stab ziemlich schnell in einen Magnet, in welchem das letzte Ende des gestrichenen Stabes den entgegengesetzten Pol zeigt, das erstere Ende aber den mit dem gestrichenen Pol des Magneten gleichnamigen.

Durch dieses Streichen ist also im Stahl die Wirksamkeit einer unendlichen Reihe unendlich kleiner Magnete hervorgerufen und zwar nach und nach in allen auf einander folgenden Stellen des Stabs und dadurch wirksamer als durch bloße Berührung eines der beiden Pole eines Magneten mit dem einen Ende des Stahlstabs geschieht, obgleich auch schon dadurch ein (äußerst schwacher) Magnet erzeugt wird. Ist der gegebene Magnet sehr kräftig und der neu zu machende verhältnißmäßig von nur kleinen Dimensionen, so braucht es gar keiner Berührung, sondern nur einer Annäherung des Stabes an den Magneten, um ihn magnetisch zu machen. Dieß ist der Grund, warum Eisenstäbe schon magnetisch werden, wenn man sie nur in der Richtung zwischen Süden und Norden längere Zeit liegen läßt. Der ganze Erdkörper bildet nämlich in seinem Innern theilweise eine unendliche Reihe solcher unendlich kleiner (wahrscheinlich galvanischer) Magnete, welche alle mit ihren Südpolen nach Norden zeigen, mit ihren ungleichnamigen Polen aneinander liegen, welche eine unendliche Anzahl nahehin in der Richtung der Erdachse neben einander liegender, in die Länge sich erstreckender Magnete bilden, und welche nun in den, in dieser Richtung hingelegten Eisenstäben, trotz der Entfernung derselben von diesem (Riesen-)Erdmagneten, die Erscheinung der magnetischen Kraft zu Stande bringen. Viel anders läßt sich wenigstens die Erscheinung nicht erklären, daß eine Magnetnadel, welche um ihren Schwerpunkt sich horizontal drehen kann, fortwährend mit ihrem Nordpol, wenn auch nicht genau nach Norden, aber so zeigt, daß sie von dem genauen Norden eine

Deklination (Abweichung) hat, die in nicht allzu hohen Breiten überall nur gering ist und höchstens etwa 22½ Winkel-Grade erreicht, wenn der rechte Winkel 90 Grade hat.

Hängt man eine Magnetnadel in dieser Richtung so auf, daß sie sich vertikal um ihren Schwerpunkt drehen kann, so verläßt sie die horizontale Lage, — sie hat eine bestimmte Inklination (Neigung), und zwar neigt sich auf der nördlichen Halbkugel der nördliche Pol nach unten, während auf der südlichen Halbkugel der südliche Pol nach unten zeigt, wenigstens in nicht zu niedrigen Breiten; und in höheren Breiten mehr; wodurch die Lage des Erdmagneten näher bestimmt erscheint.

Wie wichtig die Eigenschaft der Magnetnadel (nach Norden zu zeigen) den Schifffahrern ist, um auf der großen Wasserwüste, wo nur die Gestirne als Wegweiser dienen, die nicht in jedem Augenblick genau beobachtet werden können, vorläufig und jedem auch unwissenderen Steuermann augenfällig zur Richtschnur zu dienen, ist bekannt genug; eine weite Schifffahrt über Ozeane hinweg ohne Magnetnadel, ist kaum denkbar.

Man hat auf der Sternwarte zu Paris die Abweichungen der Magnetnadel seit 1580 beobachtet, und hat gefunden im Jahre

1580	1618	1663	1700
11° 30' östl.	8° östl.	0°,	8° 10' westl.
1780	1805	1814	1816
19° 55' westl.	22° 5' westl.	22° 34' westl.	22° 25' westl.
1825	1828	1832	1835
22° 22' westl.	22° 5' westl.	22° 3' westl.	22° 4' westl.

Die Abweichung ist also veränderlich im Laufe der Jahre; außerdem ändert sie sich auch täglich um etwas weniges, — Vormittag bis gegen 5 Uhr etwas westlich, von 5 bis 11 Uhr Nachmittag wiederum östlich; diese täglichen Aenderungen sind im Sommer stärker wie im Winter, und man glaubte in den

letztern Jahrzehenden, daß dieß von der Sonnen-Wärme herrühren dürfte. Neueste gleichzeitige Beobachtungen auf der nördlichen und südlichen Halbkugel, also während die eine Sommer, die andere gerade Winter hatte, haben nachgewiesen, daß diese Abweichung nur von der Lage der Sonne gegen die Erde und nicht von ihrer Wärme abhängen könne, und man ist daher jetzt geneigt anzunehmen, daß auch die Sonne in ihrem Innern einen noch viel riesigeren Magneten bilde und hege, als der Erdmagnet es ist. Dieser Sonnen-Magnet wirkt natürlich auf die Magnete auf der Erdoberfläche dann besonders ein, wenn die Sonne ihnen gegenübersteht, d. h. am Tage. Diese Ansicht wird in der Folge erst recht einleuchtend werden, ebenso auch, was an Stelle des Erdmagneten vorhanden sein könnte.

Außerdem sind diese Abweichungen in verschiedenen Breiten verschieden, betragen aber nie einen vollen halben Grad. — Nordlichter u. dgl. wirken auch störend auf die Magnetnadel ein.

Die Lage der Pole des Erdmagneten kann sich dadurch ändern, daß die ihn bildenden Theile im Innern der Erde sich verschieben, weniger aber dadurch, daß einzelne dieser Theile bei vulkanischen Ausbrüchen (welche immer mehr oder weniger Magneteisen enthalten) auf die Oberfläche der Erde herausgeworfen werden. In der Erde gebrochene Stücken magnetischer Eisenerze (sauerstoffhaltiges Eisen) sind natürliche Magnete. Weil sie aber eine unregelmäßige Gestalt haben, so muß man die beiden Pole in ihnen erst aufsuchen; die Verbindungs-Gerade zwischen ihnen heißt dann die Achse des Magneten; der eine der Pole, welcher den Südpol eines daneben gehängten Magneten am stärksten anzieht (den Nordpol desselben also abstößt), ist der Nordpol des natürlichen Magneten; der andere ist dann der Südpol, der namentlich auch daran erkannt wird, daß er den Südpol des daneben hängenden Magneten am stärksten abstößt (folglich den Nordpol desselben am stärksten anzieht). Legt man in der Mitte zwischen den beiden Polen eine Ebene

senkrecht auf die Achse des Magneten, so giebt diese auf der Oberfläche des Magneten die Indifferenz-Punkte, welche zusammen die Indifferenz-Zone des Magneten bilden, und welche gar keinen Magnetismus zeigen. Alle Punkte auf beiden Seiten dieser Zone stoßen den Nordpol oder den Südpol des daneben hängenden Magneten ab, je nachdem sie nach dem eigenen Nordpol oder Südpol zu liegen; und desto mehr, je näher sie an den Polen liegen. Natürlich ziehen dieselben Punkte die umgekehrten Pole des daneben hängenden Magneten in demselben Verhältniß an.

Schleift man die beiden Pole eines solchen natürlichen Magneten senkrecht auf dessen Achse eben, und belegt man diese ebenen Stellen mit Eisenplatten, welche auf der äußeren Seite kurze schmale Ansätze (Füße) haben, so zeigt sich in diesen Füßen die magnetische Wirkung stärker; sie konzentrirt sich in den Füßen. Ein solcher natürlicher Magnet heißt dann ein armirter, d. h. ein bewaffneter.

Giebt man einem gehärteten Stahlstab die Form eines Hufeisens, magnetisirt man ihn dann mittelst eines anderen Magneten durch Streichen, so daß beide Pole die Enden des Hufeisens bilden; nimmt man dann einen kürzeren Eisenstab, der nur so lang ist, als das Hufeisen breit, und legt ihn mit seinen beiden Enden auf die Pole des (Hufeisen-) Magneten, so wird in diesem eisernen Anker sofort, auch schon bei der Annäherung, die magnetische Kraft hervorgebracht; das Ende am Nordpol des Hufeisens wird Südpol, das andere Ende (welches sich am Südpol des Hufeisens befindet) wird Nordpol; immer nach demselben Gesetze, daß die sich einander nähernden Pole stets ungleichnamige sind. Aber eben deshalb wird nun dieser neue Magnet an seinen beiden Enden von dem Hufeisen-Magneten mit Stärke angezogen, oft so stark, daß wenn das Hufeisen in der Mitte aufgehangen wird, so daß der neue Magnet (der Anker) unten (an den Enden des Hufeisens)

horizontal anliegt, nicht nur das Gewicht des letzteren getragen wird, sondern auch noch viele Pfunde, ja mehrere Zentner, welche noch an den Anker angehängt werden. So wie der eiserne Anker weggenommen wird, so zeigt er sich auch nicht mehr magnetisch.

Ein Magnet verliert etwas seine magnetische Kraft, wenn solche nicht immer geübt wird, oder besser, wenn sie nicht immer auf's Neue angeregt, oder wenn selbige nicht immer zum Anregen der magnetischen Kraft in einem zweiten Stück Eisen verwandt wird; denn durch diese Verwendung wird er von den letzteren selbst immer wieder zur größeren Entzweiung seiner magnetischen Kräfte aufgefordert. Ja die magnetische Kraft eines Magneten wird durch ununterbrochene Uebung derselben immer größer, natürlich nur bis zu einer gewissen Grenze hin, und ohne daß der Magnet selbst diese gewonnene größere Stärke behielte, sobald der Anker weggenommen ist.

Außer dem Eisen, zeigen noch die Metalle Nickel, Kobalt, Chrom und Mangan in etwas magnetische Eigenschaften; jedoch hauptsächlich und am stärksten das Eisen. In der neuesten Zeit will man bemerkt haben, daß fast kein Körper gegen einen Magnet ganz unempfindlich ist, wenn auch viele sich dadurch auszeichnen, daß sie von beiden Polen des Magneten gleich stark abgestoßen und von keinem angezogen werden. — Diese letztere Eigenschaft heißt der Diamagnetismus.

Uebrigens hat die Kraft eines Magneten mit der allgemeinen Anziehungskraft (d. h. mit der Attraktion, welche alle Stoffe auf einander ausüben) zwei Punkte gemein:

1) Daß sie mit der größeren Entfernung schwächer wird (sowohl das Anziehungs-Vermögen als auch das Abstoßungs-Vermögen), und zwar gerade wieder im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung; d. h. die ungleichnamigen Pole zweier Magneten ziehen sich 9 mal so stark an, und die gleichnamigen Pole derselben stoßen sich 9 mal so stark von einander

ab, wenn sie nur noch um $\frac{1}{3}$ ihrer erstern Entfernung von einander abstehen; — ebenso ist die Stärke der Anziehung und des Abstoßens nur noch $\frac{1}{4}$ so groß wie vorher, sobald die Entfernung der (sich anziehenden oder abstoßenden) Pole das **2**fache der vorherigen geworden ist; — und

2) daß diese Wirkung dieselbe bleibt, ob noch fremde Körper (Luft, Holz, Metalle ꝛc.) dazwischen liegen oder nicht, wenn nur nicht selbst wieder Magnete (oder Eisen, welches Magnet wird) dazwischen gelegt werden. Dieser letzteren Eigenschaft ist der Gebrauch der Magnete zu allerlei belustigenden und überraschenden Spielereien und sogenannten Taschenspieler-Kunststücken zuzuschreiben.

Die Eigenschaft der natürlichen Magnet-Erze war schon den Alten bekannt; auch soll der Name Magnet von der Stadt Magnesia in Lydien herrühren, wo solche Magnet-Erze gefunden wurden und wo man in ihnen zuerst ihre magnetische Eigenschaft wahrgenommen hat.

Daß ein Stab von reinem Eisen auf so lange magnetisch werden könne, als ein Magnet auf denselben einwirkt, wird von dem kürzlich zu München verstorbenen großen Physiker G. S. Ohm in seinem „Lehrbuch der Physik 1854" so erklärt: „In dem Eisen sind die kleinsten Theile desselben bereits Mag„nete, d. h. von dieser speziellen Anziehungs- und Abstoßungs„Kraft begabt; sie stehen aber in einer solchen Lage gegen ein„ander, daß ihre Kräfte sich gegenseitig im Gleichgewicht hal„ten, also sich aufheben. Kommt nun ein Magnet, der kräftig „genug wirkt, um die Lage dieser unendlich kleinen Theile zu „ändern, so daß ihre ungleichnamigen Pole sich nähern, so „wird das Eisen desto mehr magnetische Kraft zeigen müssen, „je mehr diese Annäherung der ungleichnamigen Pole gegen „einander dem einwirkenden Magneten gelungen ist. Hört „die Einwirkung des letztern auf, so kehren die abgelenkten „kleinsten Theile im Innern des Eisens, oder die vielmehr das

„Eisen bilden, in ihre vorige Gleichgewichtslage zurück, in wel„cher sie ihrer Natur nach sich befunden hatten. Ist aber das „Eisen nicht rein (sondern mit Phosphor, Schwefel, Sauerstoff „oder Kohlenstoff versetzt), so ordnen sich bei der neuen Lage „der kleinsten Magnetchen diese fremden Stoffe so, daß dieses „Zurücktreten der Magnetchen in ihre alte Lage, in der sich ihre „magnetischen Kräfte im Gleichgewicht gehalten haben, nicht „mehr möglich ist, oder doch sehr erschwert; daher ist nun der „Magnet ein bleibender."

Ich muß am Schlusse dieser Betrachtung des Magnetismus noch hinzufügen, daß die Franzosen die Namen der Pole des Magneten umkehren und den Pol Nordpol nennen, der bei uns Südpol heißt, und umgekehrt. Sie nennen nämlich den Pol des (Riesen-)Erdmagneten, welcher im Norden liegt, den Nordpol. Da nun nur ungleichnamige Pole sich anziehen, so ist der nach Norden zeigende Pol einer Magnetnadel nothwendig ein ungleichnamiger, folglich, nach dieser angenommenen Benennung, ein Südpol. Nach unserer Benennung ist dagegen der im Norden liegende Pol des Erdmagneten ein Südpol desselben.

Sprechen wir jetzt von der Elektrizität, oder besser von den beiden Elektrizitäten. — Während die Polarkraft als Magnetismus fast nur im Eisen bedeutender auftritt, zeigt sich dieselbe in allen Stoffen unter dem Namen der positiven und der negativen Elektrizität, welche wir durch +E und —E bezeichnen, und welche sich in jedem Stoffe in der Regel dergestalt im Gleichgewicht halten, daß sie sich gegenseitig aufheben, also daß keine derselben bemerkbar hervortreten kann, gerade so wie die beiden magnetischen Kräfte im Eisen. So wie aber, etwa durch Reiben des Körpers, dieses Gleichgewicht gestört wird, so tritt in selbigem ein entsprechender Theil von Elektrizität in ihrer eigenthümlichen Wirksamkeit auf, und wir sagen nun: „der Körper sei (positiv oder negativ) elektrisch geworden."

Körper, welche gleichnamige Elektrizitäten zeigen, stoßen einander ab; mit ungleichnamigen Elektrizitäten versehene Körper ziehen sich dagegen an. — Daran sind also die beiden verschiedenen Elektrizitäten zu erkennen.

Reibt man z. B. eine glatte Glasstange oder eine glatte Glasplatte mit Flanell, so entweicht ein Theil ihrer negativen Elektrizität und es zeigt sich auf der Oberfläche derselben ein entsprechender Theil ihrer positiven Elektrizität; sie wird positiv elektrisch, sie zeigt +E; d. h. diese Elektrizität nennen wir die positive, was in unserer Willkür liegt. Reibt man dagegen eine Harz-(Siegellack-)Stange, oder eine vorher matt geschliffene Glasplatte mit Flanell, so entweicht ein Theil ihrer positiven Elektrizität und es zeigt sich nun in der Harzstange oder in der matt geschliffenen Glasplatte ein entsprechender Theil ihrer negativen Elektrizität; sie sind negativ elektrisch, sie zeigen —E, d. h. sie zeigen eine andere Elektrizität, welche die vorige anzieht, sich mit ihr vereint, und wobei sich beide als Elektrizitäten vernichten, so daß dann jede spurlos verschwunden ist. — Der Flanell dagegen zeigt im ersteren Falle (nach dem Reiben) —E, im andern Falle aber +E (wenn man dafür sorgt, daß diese Elektrizität nicht früher entweichen kann, als bis man sie wahrgenommen hat.

Ganz das Gleiche ergiebt sich, wenn man irgend zwei Körper mit einander reibt; der eine davon zeigt nach dem Reiben +E, der andere dagegen —E, wenn man nur dafür sorgt, daß die auftretende (positive oder negative) Elektrizität nicht augenblicklich in die nächstanliegenden Körper weiter geleitet wird und deshalb der Beobachtung spurlos entschwindet.

So wie nämlich die Wärme in gewissen Körpern viel schneller, in andern viel langsamer fortgeleitet wird, so ist es auch mit der Elektrizität der Fall. Man kann alle vorhan-

denen Stoffe so ordnen, daß die erstern in der Reihe, die Elektrizität mit unglaublicher Schnelligkeit fortleiten (nach Wheatstone's äußerst sinnreichen Untersuchungen mit einer Geschwindigkeit von mehr als 50,000 deutschen Meilen in der Sekunde), die letztern der Reihe dagegen, so äußerst langsam, daß sie als die Elektrizität gar nicht leitende Stoffe angesehen werden, — während von den ersteren Stoffen nach den letztern hin ein allmähliger Uebergang statt findet, so daß jeder in der Reihe folgende Stoff die Elektrizität immer langsamer fortleitet, als der in der Reihe vorangehende. Man nennt die erstern Stoffe (Elektrizitäts-) Leiter, die letzteren (Elektrizitäts-) Nichtleiter, die in der Mitte liegenden (Elektrizitäts-) Halbleiter. Unter den Leitern stehen oben an: die Metalle, dann folgen die Säuren, Alkalien und Salze; dann das Wasser und daher auch jeder feuchte oder mit Wasser überzogene, oder mit Wasser versetzte (in Wasser aufgelöste) Körper, deshalb auch die stets feuchte Erdoberfläche bis in eine unbekannte Tiefe hinein; — ebenso Wasserdampf; ferner Thiere und Menschen, jedoch nur wegen der Feuchtigkeit in ihrem Innern. Unter den Nichtleitern stehen oben an: Glas, alle glasartigen Steine, Porzellan, viele Metall-Oxyde, Schwefel, Phosphor, trockene Luft; unter den Pflanzenstoffen alle Harze und Oele (auch die Fasern, wenn sie ganz trocken gemacht werden können); unter den thierischen Stoffen: Seide, Haare, Federn, Fett und Wachs, vorausgesetzt, daß alle Stoffe ganz trocken sind.

Will man nun eine hervortretende der beiden Elektrizitäten wahrnehmen, so muß der Körper, auf welchem sie sich zeigt, entweder ein Nichtleiter sein (wie die oben erwähnten Glas- und Harzkörper) oder er muß von lauter Nichtleitern umgeben sein, so daß die Elektrizität nicht fortgeleitet wird, und diese nicht leitende Umgebung muß hinreichend große Dimensionen haben, weil die sich zeigende Elektrizität auch an einen entfernteren Leiter

überspringt, wenn er nicht weit genug absteht. Ein so mit lauter Nichtleitern umgebener Körper heißt isolirt. — Isolirt man also z. B. eine Metallstange dadurch, daß man eine hinlänglich lange Glas- oder Harzstange an dieselbe befestigt; nimmt man dann das Glas- oder Harz-Ende in die Hand und reibt die Metallstange, so zeigt auch sie die entstehende Elektrizität; nimmt man aber die bloße (nicht isolirte) Metallstange in die Hand, so entsteht durch dasselbe Reiben zwar dieselbe Elektrizität, aber sie geht sogleich in die Hand, von da in den übrigen Körper und in den Erdboden über, um irgendwo, vielleicht in unermeßlicher Entfernung, einer daselbst vorhandenen entgegengesetzten Elektrizität wiederum das Gleichgewicht zu halten; für unsere Beobachtung geht sie spurlos verloren.

Eine Elektrisirmaschine ist nichts weiter, als ein großer, mit Drehwerk versehener Reibapparat, um größere (Glas-) Körper reiben, und dadurch im glatten Glase die +E, in dem Reibezeug dagegen — E in großer Menge hervortreten machen zu können. Der sogenannte Konduktor derselben ist nichts anders, als ein größerer, durch einen Glasfuß oder mittelst Harz isolirter metallener Cylinder, welcher die hervortretende Elektrizität in sich aufnimmt und an seiner Oberfläche festhält, wobei sich die vorhandene Menge von Elektrizität auf die Gesammt-Oberfläche vertheilt, an den einzelnen Theilen also in dem Verhältniß geringer auftritt, als diese Oberfläche größer ist.

Für die Elektrizitäten gilt nicht bloß das eine Gesetz: Ungleichnamige Elektrizitäten ziehen einander an; gleichnamige stoßen einander ab; — sondern dieses Anziehen und Abstoßen der elektrisirten Körper geschieht ebenfalls schon in der Ferne, und zwar wieder im direkten Verhältniß der vorhandenen (Elektrizitäts-)Mengen und im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Entfernungen; gerade wie bei der allgemeinen Anziehungskraft und wie bei dem besonderen Anziehen und Abstoßen der Magnete.

Nähert man einen **isolirten** Leiter einem mit +E versehenen Körper langsam, so wirkt die Anziehungskraft dieser +E schon in größerer Entfernung so stark auf die im Leiter bisher sich im Gleichgewicht haltenden beiden Elektrizitäten, d. h. sie zieht die —E des Leiters so stark an und stößt die +E desselben gleichzeitig so stark ab, daß auf der Oberfläche des Leiters beide Elektrizitäten zugleich hervortreten und zwar —E auf der dem (positiv) elektrischen Körper zugewandten, und +E auf der gerade entgegengesetzten, von dem elektrischen Körper abgewandten Seite. Man hat nun beide Elektrizitäten im (isolirten) Leiter **vertheilt**, und so lange der elektrische Körper (also der vertheilende) in derselben Nähe bleibt, so lang bleibt die Elektrizität im Leiter **unverändert** vertheilt; sie **ruht**, sie ist eine **ruhende**; **während** der Vertheilung war sie in **Bewegung**, d. h. zwei entgegengesetzte Ströme positiver und negativer Elektrizität durchzogen den Leiter. Nähert man aber den Leiter dem elektrischen Körper noch mehr, so vereinigen sich die +E des elektrischen Körpers, mit der —E des Leiters (auch noch in einiger Entfernung); es entsteht dabei der **elektrische Funke**, welcher zwischenliegende Körper entzündet, schmilzt, verflüchtigt, zerstört, je nachdem er schwächer oder stärker ist; der Leiter hat sein —E verloren, und sein +E verbreitet sich sogleich auf seiner ganzen Oberfläche; er ist **überall positiv** elektrisch. — Ganz dasselbe geschieht, wenn der isolirte Leiter einem negativ elektrischen (d. h. mit —E versehenen) Körper genähert wird; — nur daß dann während der Vertheilung, das +E des Leiters dem elektrischen Körper näher rückt, sein —E dagegen sich von ihm entfernt; nach der Vereinigung des —E des elektrischen Körpers mit dem +E des Leiters ist der letztere **überall negativ** elektrisch. Der isolirte Leiter bekommt also von dem elektrischen Körper dieselbe Elektrizität, welche der letztere hat, sobald beide sich berühren oder einander so nahe kommen, daß der elektrische Funke entsteht.

Diese Vertheilung beider Elektrizitäten tritt in einem nicht elektrischen Körper allemal vorher ein, ehe eine seiner beiden Elektrizitäten sich mit der des elektrischen Körpers, von welcher sie angezogen wird, vereinigt; immer müssen beide entgegengesetzte Elektrizitäten an den Punkten der beiden Körper vorhanden sein, an denen sie sich anziehen, d. h. die einander am nächsten sind. Nach der Entladung (d. h. nach der Entstehung des Funkens, der übrigens so schwach sein kann, daß er unsichtbar bleibt oder doch nur in großer Dunkelheit sichtbar wird) zeigt zwar der isolirte Leiter stets dieselbe Elektrizität, welche der elektrische Körper hatte, und sie *scheint* daher aus dem elektrischen Körper in ihn übergegangen zu sein; allein stets ist es seine eigene Elektrizität, die er vorher schon, von der entgegengesetzten im Gleichgewicht (gleichsam im Schach) gehalten, hatte, und nur seine entgegengesetzte Elektrizität hat sich mit der des elektrischen Körpers vereinigt, so daß beide letzteren im elektrischen Funken für die fernere Beobachtung verschwunden sind.

Man präge sich nur fest ein, daß jeder sogenannte *unelektrische* Körper derjenige ist, der beide Elektrizitäten so enthält, daß sie sich gegenseitig im Schach halten; *elektrisirt* oder *elektrisch* ist dagegen derjenige Körper, aus welchem die eine seiner beiden Elektrizitäten theilweise (oder ganz) weggetrieben worden ist, die andere also zum Theil (oder ganz) hervortreten kann und deshalb auch wirklich hervortritt.

Deshalb kann man die Redensart doch beibehalten (wenn man will), daß man nämlich sagt: die Elektrizität des elektrischen Körpers wäre bei der Berührung desselben mit dem isolirten Leiter (eigentlich schon unmittelbar *vor* der Berührung) an letzteren übergegangen, wenn man nur festhält, wie diese Redensart zu verstehen ist.

Man kann einige kleine Versuche mit Leichtigkeit anstellen. Nimmt man zwei Kügelchen von Hollundermark (oder von Kork), und hängt man sie an seidenen (einfachen Cocon-) Fäden neben

einander auf, so daß sie ein wenig von einander abstehen, so werden sie sowohl von einer geriebenen Glas-, wie auch von einer geriebenen Harz-Stange wiederholt angezogen, wenn man nur vor jedem neuen Versuch die Kügelchen mit der Hand berührt, um die Elektrizität, welche sie erhalten haben, wieder abzuleiten. Elektrisirt man sie beide mit der Glasstange, oder beide mit der Harzstange, so stoßen sich beide mit der gleichnamigen Elektrizität, welche sie erhalten haben, einander ab; vorausgesetzt, daß die Elektrizität in den Kügelchen nicht abgeleitet worden ist. Elektrisirt man aber das eine mit der Glasstange, das andere mit der Harzstange, und leitet man die erhaltenen Elektrizitäten nicht ab, so ziehen sich beide mit den erhaltenen ungleichnamigen Elektrizitäten einander an. Hat ein Kügelchen mit der Glas- oder Harzstange Elektrizität erhalten und leitet man diese nicht ab, so wird es bei einer zweiten Annäherung derselben Stange, vor ihr fliehen, weil hier gleichnamige Elektrizitäten vorhanden sind; dagegen wird es von der andern Stange wieder angezogen werden, weil nun ungleichnamige Elektrizitäten rege sind.

Hängt man die Kügelchen an Zwirnsfäden auf, welche Leiter sind, so werden sie zwar immer von jeder der beiden elektrisirten Stangen angezogen werden (wegen der vorangegangenen Vertheilung); dagegen wird ihre Elektrizität in demselben Augenblick fortgeleitet, und es sind daher nun keine weiteren Versuche anzustellen. Sie werden von den Stangen bloß immer wieder auf's Neue angezogen.

Trockene Luft ist für das Gelingen elektrischer Versuche durchaus nothwendig; ferner müssen die Körper, mit denen man Versuche anstellt, keine Ecken oder Spitzen haben, weil scharfe Kanten oder Spitzen die Elektrizität sogleich abgeben, so daß selbst ein mit Spitzen versehener Nichtleiter dadurch zum Leiter wird. Daß sich in scharfen Kanten, und insbesondere in Spitzen, bei der Verbreitung vorhandener Elektrizität, die meiste Elektrizität zusammendrängt, so daß diese sie nicht mehr fest zu halten

vermögen, ist eine mathematisch nachgewiesene nothwendige Folge der Elektrizitäts-Verbreitung.

Wird in einem isolirten Leiter L_1 bei der größtmöglichsten Annäherung desselben an einen elektrischen Körper, ohne daß ein Uebergang der Elektrizität erfolgt, durch diesen letzteren die Elektrizität vertheilt, so daß, wenn der elektrische Körper $+E$ hat, die demselben nächste Stelle des Leiters $-E$, die entfernteste Stelle desselben aber wieder $+E$ zeigt; — bringt man dann mit dieser letzteren Stelle einen zweiten isolirten Leiter L_2 in Berührung, so vereinigt sich die $+E$ des erstern Leiters L_1 mit der $-E$ des zweiten Leiters L_2, an der Berührungsstelle; die entgegengesetzte (von dem elektrischen Körper, d. h. von dem Vertheiler) entfernteste Stelle zeigt dann wieder ihr $+E$. — Beide Leiter L_1 und L_2 bilden nun einen einzigen zusammenhängenden Leiter L_1+L_2, der, nach der Länge der einzelnen Theile L_1 und L_2, so sein kann, daß die $+E$ nur in dem Theile L_2 des zusammenhängenden Leiters L_1+L_2 auftritt, oder auch so, daß in dem erstern Theil L_1 des ganzen zusammenhängenden Leiters L_1+L_2, nur eine einzige Elektrizität, nämlich nur $-E$, d. h. die entgegengesetzte von der, auftritt, welche der elektrische Körper (der Vertheiler) hat; dieß letztere tritt nothwendig allemal ein, so oft L_2 lang genug genommen wird; diese negative Elektrizität $(-E)$ wird in ihm, d. h. in L_1, so lange festgehalten (gebunden) als der Vertheiler in seiner Nähe bleibt; sie wird daher die gebundene Elektrizität genannt. Entfernt man nun den zweiten Leiter L_2 ganz, so zeigt der erstere L_1 sein $-E$, auch wenn man den elektrischen Körper (den Vertheiler) wegnimmt; sie zeigt sich nun auch als freie Elektrizität. —

Bleibt aber der zweite Leiter mit dem ersten in Verbindung; ist jedoch der elektrische Körper selbst nur ein isolirter Leiter L_0, welcher seine Elektrizität von einem andern elektrischen Körper bekommt, der sie nur in sehr geringer Menge hat, so wird jetzt die im ersten Leiter L_1 gebundene $-E$ auf den ver-

theilenden Leiter L_0 selbst wieder als Vertheiler zurückwirken und dadurch den elektrischen Körper zwingen, an den Leiter L_0 mehr von seiner Elektrizität abzugeben. So wie dieß geschehen, wirkt der vertheilende Leiter L_0 wieder stärker auf den großen zusammenhängenden Leiter L_1+L_2 und deshalb wird, wenn seine Verlängerung L_2 groß genug gewesen ist, sich noch mehr $-E$ im ersten Leiter L_1 binden lassen; dadurch tritt dieser wieder als stärkerer Vertheiler rückwirkend auf den isolirten vertheilenden Leiter L_0 auf, so daß dadurch der elektrische Körper gezwungen wird, noch mehr seiner Elektrizität an den letzteren (L_0) abzugeben. Diese Wechselwirkung dauert, wenn der zweite Leiter L_2 die Hand eines Menschen ist, welche mit dem Körper, mit dem Fußboden, mit dem ganzen Erdkörper in leitender Verbindung steht, so lange fort, bis der isolirte vertheilende Leiter L_0 so viel $+E$ aus dem elektrischen Körper aufgenommen hat, als das Gesetz der Elektrizitäts-Verbreitung nur immer verträgt; der isolirte erste Leiter L_1 zeigt, nachdem die Hand weggenommen ist, dann eine entsprechend große Menge $-E$, d. h. der entgegengesetzten Elektrizität.

Dieß alles gilt natürlich unverändert, wenn man überall (in dem so eben Gesagten) $-E$ statt $+E$, gleichzeitig aber überall $+E$ statt $-E$ setzt.

Zwei solche isolirte Leiter L_0 und L_1, von denen der eine L_0 mit einer sehr schwachen Elektrizitäts-Quelle in Verbindung steht, bewirken also mit Hilfe des L_2, z. B. der Hand, durch die gegenseitige Bindung der entgegengesetzten Elektrizitäten (in L_0 und L_1), in L_0 eine Anhäufung einer größeren Menge der in der Quelle vorhandenen Elektrizität, und einer gleich großen Menge der entgegengesetzten Elektrizität in L_1. — Eine solche Vorrichtung ist ein **Elektrizitäts-Verdichter** (**Kondensator**). — Mittelst seiner kann man solche geringe Mengen von Elektrizitäten am Elektroskop (Elektrizitätszeiger) wahrnehmen, welche an demselben direkt noch nicht wahrnehmbar sind.

Unter Elektroskop (Elektrizitäts-Anzeiger), welches häufig mit Unrecht auch Elektrometer (Elektrizitäts-Messer) genannt wird, verstehen wir einen isolirten Metallknopf, an welchem zwei dicht neben einander herunter hängende dünnste Metallstreifen befestigt sind. Bekommt der Knopf Elektrizität, so bekommen solche auch die Metallblättchen, und da sie nun beide gleichnamige Elektrizität haben, so stoßen sie sich ab; sie gehen also aus einander. Es könnte auch einer dieser beiden Metallstreifen fest und dick sein, wenn nur der andere beweglich ist. — Bohnenbergers Elektroskop hat nur ein Metallblättchen, — auf beiden Seiten desselben aber Körper, welche stehend, der auf der einen Seite mit +E, der auf der andern Seite mit —E, versehen sind. Bekommt nun der Knopf mit dem Metallblättchen +E, so flieht das letztere den mit +E versehenen Körper; bekommt er —E, so flieht es den mit —E versehenen. Dieses Elektroskop zeigt also sogleich an, nicht bloß daß Elektrizität vorhanden sei, sondern auch welche.

Kommen wir nun noch einmal auf den Anfang zurück. — Wo bleibt bei dem Reiben die verjagte Elektrizität? —

Durch das Reiben wird in jedem der beiden Körper, zunächst an ihrer Oberfläche, das Gleichgewicht zwischen ihren beiden Elektrizitäten gestört, so daß an dieser Stelle jede für sich in etwas thätig auftritt. Das Gefüge oder die Form der Oberfläche des einen Körpers, sogar die Art des Reibens, begünstigt mehr das Heraustreten der einen als der andern der beiden Elektrizitäten; diese verbindet sich mit der entgegengesetzten Elektrizität im anderen Körper und diese Verbindung bringt hervor was? — man möchte antworten: „Wärme"; denn, sich reibende Körper werden an der geriebenen Stelle warm, und da wo bereits größere Mengen der entgegengesetzten Elektrizitäten sich vereinigen, da entsteht sogar der Funke, der zündet und dem es daher an einer bedeutenden Wärmemenge gewiß nicht gebricht.

Die Wärme, die wir bis jetzt, besonders in ihrer Eigenschaft als Dehnkraft betrachtet haben, wäre also nichts einfaches, sondern aus den beiden Elektrizitäten zusammengesetzt? — Halten Sie diese Frage zurück, denn ich will darauf nicht mit ja antworten, weil sehr viele Gründe dagegen vorhanden sind; ich will aber auch kein lautes Nein aussprechen, denn es lassen sich diese Gegengründe vielleicht auch mit der Zeit noch beseitigen. — In der atmosphärischen Luft halten sich die beiden Gasarten, nämlich der Sauerstoff und der Stickstoff, aus denen beiden sie zusammengesetzt ist, im vollkommenen Gleichgewicht; Sie treffen in jedem kleinsten Stück Luft, was Sie herausgreifen, stets (dem Gewichte nach) 23 Theile Sauerstoff und 77 Theile Stickstoff, nirgends ist der Sauerstoff, auch nicht in einem kleinen aber merkbaren Umfange, ganz allein, nirgends der Stickstoff. Beide Gase haben sich vollkommen durchdrungen, aber — nicht vereinigt, — nicht, was man nennt, chemisch mit einander verbunden; denn eine chemische Verbindung derselben beiden Stoffe giebt — Stickoxydul-, Stickoxyd-, salpetriges Gas, oder Salpetersäure (Scheidewasser), je nachdem mit einer bestimmten Menge Stickstoff weniger oder immer mehr Sauerstoff (jedesmal in einem bestimmten quantitativen Verhältniß) eine solche innige Verbindung eingegangen hat. — Eben so können die beiden Elektrizitäten in jedem Körper sich das Gleichgewicht halten, ohne sich chemisch vereinigt zu haben, d. h. ohne Wärme zu sein; sie können aber sich zu dem neuen Resultat Wärme chemisch vereinigen, sobald sie herausgelockt und dadurch an der Möglichkeit dieser Vereinigung durch die Stoffe, an denen sie hafteten, nicht mehr gehindert sind.

Verlassen wir aber diese letzteren Betrachtungen, welche dem wahren Physiker, — dessen erste Pflicht es ist, sich bloß an Thatsachen zu halten, und nichts zuzulassen, wogegen noch eine einzige Thatsache spricht, — zur Zeit noch fern bleiben

müssen, und bemerken wir nur noch, daß die Alten schon lange vor Christi Geburt die elektrische Eigenschaft des geriebenen Bernsteins (ἤλεκτρον) kannten, und daß das Wort „Elektrizität" der griechischen Benennung des Bernsteins entnommen ist.

Fünfzehnte Vorlesung.

Die Polarkraft in ihrer Erscheinung als Galvanismus.

Nähere Aufschlüsse über die Elektrizität giebt die Betrachtung des Galvanismus, auf welchen man erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts durch einen italienischen Physiker L. Galvani zu Bologna, aufmerksam gemacht worden ist. Er bemerkte nämlich, daß ein mit einem Kupferdraht durchstochener Frosch zuckte, so oft der Draht mit einer Eisenstange in Berührung kam. Alexander Volta, Professor der Physik zu Pavia, bemächtigte sich dieser Erscheinung mit Geist, Ausdauer und Erfolg, und es wurde durch ihn die Thatsache entschieden, daß das bloße gegenseitige Berühren zweier verschiedener Metalle schon Elektrizität erzeuge; aber in einer sehr geringen, an dem gewöhnlichen Elektroskop nicht bemerkbaren Menge, die nur mittelst des Kondensators wahrgenommen werden kann. Später entdeckte Volta, daß auch andere, die Elektrizität leitende Körper statt der Metalle genommen werden können, aber nicht alle. Er nannte die Körper, welche es thun Erreger (sie werden auch differente Leiter genannt); die dahin gehörigen Körper sind: vorzugsweise alle Metalle, dann die Säuren, die Kalien, Graphit (Bleistiftmasse), Kohle, Braunstein und andere mehr. Die übrigen Leiter, welche bei der Berührung mit andern beliebigen Leitern, keine Elektrizität erzeugen, werden indifferente Leiter genannt. — Zu diesen gehören:

Wasser, Leinwand, Papier ꝛc. ꝛc. — Berühren sich also z. B. Kupfer und Zink gegenseitig, und sind beide Leiter isolirt, so zeigt das Kupfer negative Elektrizität, das Zink dagegen positive. — Dabei findet sich eine merkwürdige Beziehung zwischen den Erregern selbst. — Kupfer z. B. zeigt sich gegen Platin positiv, gegen Zink dagegen negativ; d. h. wenn man eine Platinplatte und eine Kupferplatte auf einander legt, so wird das Platin negative, das Kupfer aber positive Elektrizität zeigen; legt man aber statt der Platinplatte eine Zinkplatte auf die Kupferplatte, so bekommt jetzt die Kupferplatte die entgegengesetzte Elektrizität, die sie vorher bekam, nämlich die negative, und die Zinkplatte bekommt die positive. Deshalb sagt man: das Platin sei negativer als das Kupfer, dieses aber wieder negativer als das Zink; oder: das Zink sei positiver als das Kupfer, dieses aber wieder positiver als das Platin. Man kann nun die Stoffe, welche Erreger sind, so ordnen, daß der negativste zuerst kommt, dann die weniger negativen (die positiveren) der Reihe nach folgen, so daß in der Reihe jeder folgende positiver ist als der vorhergehende, und jeder vorhergehende negativer ist als der folgende. Dann werden erfahrungsgemäß von den Metallen die nachstehenden folgende Ordnung annehmen, nämlich: Arsenik, Chrom, Vanadium, Molybdän Wolfram, Antimon (Spießglanz), Tellur, Tantal, Titan, Gold, Platin, Quecksilber, Silber, Kupfer, Uran, Wismuth, Zinn, Blei, Kobalt, Nickel, Eisen, Zink. — Jedes in dieser Reihe folgende Metall ist positiver als das vorhergehende; jedes in dieser Reihe vorangehende Metall ist negativer als das folgende. Bringt man also eine Gold- und eine Platinplatte in Berührung mit einander, so wird die Goldplatte negativ, die Platinplatte positiv elektrisch; bringt man aber die Platinplatte mit einer Platte aus irgend einem der in obiger Reihe nach dem Platin folgenden Metalle in Berührung, so zeigt das Platin negative, das andere Metall dagegen positive Elektrizität.

Die früher betrachtete (Reibungs-)Elektrizität ist von der jetzt zu betrachtenden Berührungs-(Contakt-)Elektrizität, die man auch Galvanismus nennt, durchaus nicht verschieden. Die beiden Elektrizitäten, welche in jedem Körper stets (aber sich das Gleichgewicht haltend und deshalb nicht bemerkbar) vorhanden sind, werden dort durch Reibung veranlaßt, sich zu entzweien; die eine des reibenden Körpers verbindet sich mit der entgegengesetzten des geriebenen, und dadurch verschwinden beide als Elektrizitäten, so daß dann in jedem der beiden sich reibenden Körper die andere Elektrizität allein übrig bleibt und handelnd auftritt; — hier geschieht dasselbe durch die bloße gegenseitige Berührung der beiden Erreger und vielleicht eben deshalb auch ungemein viel schwächer. Dort wird die Elektrizität gewöhnlich nur bei Nichtleitern bemerkbar gemacht; hier allemal bei (isolirten) Leitern, weil die Erreger allemal Leiter sind. Dieß ist der ganze Unterschied.

Wenn sich also z. B. Gold und Zink berühren, und wir wollen annehmen, eine überall gleich dicke Goldstange mit einer gleich starken Zinkstange, so scheint der Hergang der folgende zu sein. An der Berührungsfläche vereinigt sich ein wenig +E des Goldes mit eben so viel —E des Zinkes, wodurch das +E des Zinkes an derselben Stelle frei wird; der nächste Querschnitt des Zinkes giebt nun sein —E an das frei gewordene +E im vorhergehenden Querschnitt, so daß in ihm sein +E frei wird; der nun folgende Querschnitt des Zinkes giebt nun wieder sein —E an das eben frei gewordene +E des nächstvorhergehenden Querschnitts ab, so daß nun wiederum sein +E frei wird; — so setzt sich dieß ohne alle Unterbrechung durch alle unendlich nahe an einander liegenden Querschnitte des Zinkes fort, so daß jeder derselben nach und nach +E zeigt, also gleichsam ein Strom von +E die einzelnen Theile des Zinkes durchzieht, bis endlich das, der Berührungsfläche entgegengesetzte Ende des Zinkes sein +E frei bekommt, welches

sich sofort über die Oberfläche des Zinkes verbreitet, dem Leitungsgesetze gemäß; wenn es daselbst keinen Leiter findet, in welchem das Geschäft der Zerlegung der beiden Elektrizitäten, d. h. der Strom von +E in dieser Richtung fortgesetzt werden könnte. Weil aber gleichzeitig, von Querschnitt zu Querschnitt, aber in entgegengesetzter Richtung, —E frei wird, so durchzieht gleichzeitig ein Strom von —E die Zinkstange in entgegengesetzter Richtung. — In der Goldstange findet ganz das Analoge statt, so daß ein Strom von —E dieselbe bis an ihr anderes Ende durchzieht und dort als solches auftritt, wenn dieses Ende mit keinem weiteren Leiter in Berührung steht, während gleichzeitig ein Strom von +E sie in entgegengesetzter Richtung durchzieht. — Dieser Doppelstrom positiver und negativer Elektrizität, in entgegengesetzten Richtungen, setzt sich so lange fort, bis in jedem der isolirten Leiter sich so viel (positive, negative) Elektrizität angehäuft hat, daß die an der Berührungsstelle vorhandene entgegengesetzte Elektrizität von ihr verhindert wird, sich loszureißen, die weitere Wirkung der Erregung also aufhören muß. Die Menge a der negativen Elektrizität in der Goldstange, hält nämlich die positive Elektrizität derselben Goldstange an der Berührungsstelle, ab, in die Zinkstange überzugehen, während die in der Zinkstange vorhandene Menge a positiver Elektrizität gleichzeitig die in derselben Zinkstange an der Berührungsstelle vorhandene negative Elektrizität verhindert, in die Goldstange überzugehen.

So wie aber z. B. die negative Elektrizität der Goldstange abgeleitet wird (etwa dadurch, daß man die Goldstange mit dem Erdboden in leitende Verbindung bringt), so setzt sich die Wirkung der Erregung wieder fort, bis die Zinkstange die doppelt so große Menge, 2 mal a, positiver Elektrizität erhalten hat, weil jetzt in der Goldstange die Kraft a, welche beigetragen hat, den Uebergang der Elektrizitäten an der Erregungs-(Berührungs-) Stelle zu verhindern, entwichen ist, auf der andern Seite also

(d. h. in der Zinkstange) die doppelte Kraft nöthig ist, um den Uebergang der negativen Elektrizität aus dem Zinke in das Gold zu verhindern. Eine Menge a verwendet sich zur Anziehung der —E, welche aus dem Zink in das Gold übergehen möchte, und die andere Menge a verwendet sich, um die +E, welche aus dem Gold in das Zink übergehen möchte, durch Abstoßen aufzuhalten, da von Seiten der Goldstange jetzt nicht mehr dieser Uebergang (wie vorher, durch Anziehung) gehindert wird.

Und dasselbe lehrt auch die Erfahrung, und spricht sich dieß in dem sogenannten zweiten Theil des Spannungsgesetzes aus, von welchem jetzt gleich die Rede sein wird.

Dieselbe Strömung muß auch statt finden, wenn ein einziger isolirter Leiter von einer Seite (Reibungs- oder irgend eine andere angesammelte) Elektrizität erhält; diese Strömung ist aber eben so schnell beendet, als die gedachte Elektrizität übergegangen ist.

Noch bevor man von der Contakt-Elektrizität etwas kannte, wußte man schon recht gut, daß sich eine freie Elektrizität in einem isolirten Leiter stets nur auf seiner Oberfläche aufhalten kann. Es hat dieß in dem Gleichgewicht seiner beiden Elektrizitäten seinen Grund. Wohin sich die freie Elektrizität in das Innere begeben wollte, würde sie das dort vorhandene Gleichgewicht stören; sie würde sich mit der entgegengesetzten Elektrizität, welche sie daselbst findet, vereinigen, oder vielmehr ihr das Gleichgewicht halten, und eben so viel gleichartige Elektrizität würde dadurch wieder frei werden, welche nun ihrerseits denselben Prozeß wiederholte; und dieß würde so lange fortdauern, bis die freie Elektrizität sich wieder an der Oberfläche zeigte, bereit, bei der ersten Gelegenheit aus dem Körper zu entweichen, in welchem sie nicht geduldet wird.

Kommen zu 3 Einheiten negativer Elektrizität, 6 Einheiten positiver, so werden 3 der letzteren verbraucht, um die

ersteren 3 zu vernichten; es bleiben also 3 Einheiten positiver Elektrizität übrig. — Umgekehrt fügt man zu 3 Einheiten +E, noch 6 Einheiten —E hinzu, so werden 3 der letztern verbraucht, um die 3 der erstern zu vernichten; es bleiben also noch 3 Einheiten —E übrig. — Was aber zu dem einen noch hinzukommen muß, um das andere zu geben, heißt der Unterschied beider. — Es ist also +6 der Unterschied zwischen dem vorangehenden —3 und dem folgenden +3; und —6 ist der Unterschied zwischen dem vorangehenden +3 und dem folgenden —3.

Hat also, wenn Gold und Zink sich berühren, das Gold die Elektrizität —3, das Zink dagegen die Elektrizität +3, so ist +6 der Unterschied dieser beiden Elektrizitäten, wenn man das Gold als den vorangehenden Erreger, das Zink dagegen als den folgenden ansieht; dagegen ist der Unterschied —6, wenn man das Zink als den vorangehenden, das Gold dagegen als den folgenden sich denkt. Beides ist gleichgiltig, doch muß bei Angabe des Unterschiedes, den man auch die zwischen beiden Erregern vorhandene Spannung nennt, — auch die Folge des Uebergangs festgesetzt werden, wenn man nichts Unbestimmtes gesagt haben will.

Werden nun drei Erreger neben einander gelegt, so daß der erste den zweiten und dieser wieder den dritten berührt, so ist die Spannung zwischen dem ersten und dritten natürlich allemal der Summe der beiden Spannungen zwischen dem ersten und zweiten und zwischen dem zweiten und dritten gleich, und erfahrungsmäßig auch allemal gerade so, wie wenn der erste und dritte sich direkt berühren und der mittlere ganz fehlte. Ist also die Spannung zwischen einer Goldplatte und einer gegebenen Kupferplatte durch +5 ausgedrückt, die Spannung zwischen dieser und einer nun folgenden Zinkplatte durch +7, so ist die Spannung zwischen der Goldplatte und derselben Zinkplatte + 12, und eben so groß ist die

Spannung, wenn die Goldplatte und die Zinkplatte sich direkt berühren und die Kupferplatte ganz weggenommen wird. Wird demnach auf eine Kupferplatte eine Zinkplatte gelegt und darauf wieder eine der erstern ganz gleiche Kupferplatte, so ist die Spannung zwischen den beiden Kupferplatten Null, d. h. es ist gar keine Spannung; denn, ist die Spannung zwischen der ersten Kupferplatte und der Zinkplatte etwa +7, so ist die Spannung zwischen der Zinkplatte und der nun folgenden zweiten, der erstern ganz gleichen Kupferplatte nothwendig —7, und die Summe beider, da sie entgegengesetzt sind und sich vernichten, offenbar Null; und gerade dasselbe zeigt sich, wenn man die Zinkplatte herausnimmt, so daß sich die beiden Kupferplatten direkt berühren; denn, Stücken eines und desselben Metalles (oder eines und desselben Stoffes) erregen keinen Strom (keine Elektrizität), wenn sie sich auch berühren. Dasselbe Gesetz findet statt, wenn sich noch so viele Erreger hinter einander berühren, jeder den folgenden; stets ist die Spannung zwischen dem ersten und letzten, der Summe der Spannungen je zweier der sich berührenden Erreger gleich und gerade so groß, wie wenn sich diese äußersten Erreger direkt berühren und alle zwischen liegenden fehlen. — Dieß ist der erste Theil des Spannungsgesetzes.

Der oben schon erwähnte zweite Theil des Spannungsgesetzes läßt sich so aussprechen:

Welche Aenderungen in dem Elekrizitätszustand auch mit einem von zwei sich berührenden Erregern vorgenommen werden mögen, oder mit beiden, so gleicht sich doch augenblicklich in beiden die Elektrizität so aus, daß die Spannung zwischen beiden stets eine und dieselbe bleibt.

Berühren sich also eine Kupferplatte und eine Zinkplatte, die beide isolirt sind, und bekommt dadurch die Kupferplatte die Elektrizität —3, die Zinkplatte dagegen die Elektrizität +3,

so daß die Spannung + 6 ist; hebt man dann die Isolirung der Kupferplatte auf, so daß ihre Elektrizität in die Erde geleitet, die nun in ihr vorhandene also Null ist, so tritt augenblicklich im Zink die Elektrizität + 6 auf, damit die Spannung die alte nämlich + 6 bleibe. Bringt man aber die Zinkplatte mit der Erde in leitende Verbindung während die Kupferplatte isolirt bleibt, so daß das Zink die Elektrizität Null bekommt, so tritt im Kupfer sogleich eine (negative) Elektrizität von der Stärke — 6 auf, damit die alte Spannung + 6 bleibe. Erhält, während noch beide Platten isolirt sind, die Kupferplatte aus irgend einer Ursache noch weitere (negative) Elektrizität von der Stärke — 8, so daß sie nun die Stärke — 11 hat, so tritt im Zink plötzlich ebenfalls eine negative Elektrizität auf, von der Stärke — 5; weil dann die alte Spannung + 6 wieder vorhanden ist, d. h. der alte Unterschied der Elektrizitäten in beiden Erregern. — Erhält aber die Kupferplatte aus irgend einer Ursache zu der negativen Elektrizität — 3, die sie hat, noch eine positive Elektrizität von der Stärke + 5, so daß sie nun eine positive Elektrizität von der Stärke + 2 zeigt, so zeigt jetzt das Zink eine positive Elektrizität von der Stärke + 8, weil der Unterschied (die Spannung) derselbe, nämlich + 6 bleiben muß. — Dieß Erfahrungsgesetz haben wir oben aus theoretischen Gründen abzuleiten versucht.

Aus diesen Spannungsgesetzen lassen sich nun eine Menge wichtiger Folgerungen ziehen. Wir wollen nur einige derselben hervorheben, nämlich:

1) Legt man noch so viele erregende, übrigens ganz gleiche Plattenpaare, z. B. aus Kupfer und Zink, über (oder neben) einander, so daß sie sich alle berühren, so ist die Spannung zwischen der ersten Kupferplatte und der letzten Zinkplatte genau dieselbe, wie wenn alle dazwischen liegenden Platten fehlten und nur diese beiden allein sich berührten, also nicht größer als bei einem einzigen Paare, weil jede positive Spannung

zwischen einer Kupferplatte und der nächstfolgenden Zinkplatte durch die negative Spannung dieser letztern und der nächstfolgenden Kupferplatte immer wieder aufgehoben wird.

2) Dagegen wird, wenn man z. B. 100 solche Plattenpaare über einander legt, die Spannung zwischen der ersten Kupferplatte und der letzten Zinkplatte 100mal so stark, als sie es zwischen einem einzigen Plattenpaar ist, sobald man zwischen je zwei Paaren, eine gleich große Platte eines nicht erregenden (indifferenten) Leiters z. B. nasse Pappe (oder Wasser) bringt, so daß unter jeder Kupferplatte eine solche Pappplatte liegt, und wenn man zu gleicher Zeit eine der Platten z. B. die unterste mit der Erde in leitende Verbindung bringt.

Hat nämlich die unterste Kupferplatte die Elektrizität Null, so haben die folgende Zink-, Papp- und Kupferplatten, wenn sie aufgelegt werden, weil sie in leitender Verbindung stehen und unter einander sich nicht erregen, eine jede die Elektrizitätsmenge + d, wenn d die Spannung zwischen Kupfer und Zink ist. Wird nun die nächste Lage von Zink, Pappe und Kupfer aufgelegt, so bekommt jede dieser Platten die Elektrizität 2 d, weil eine neue und gleich große Spannung zwischen Kupfer und Zink, die sich jetzt in derselben Folge berühren, eintritt. Man sieht nun deutlich, wie jede neue Lage aus einer Zink-, Papp- und Kupferplatte, in jeder dieser drei Platten eine, um d erhöhte Elektrizität hervorbringen muß, weil jetzt nur positive Spannungen eintreten, da die aus der umgekehrten Folge der Metalle hervorgehenden negativen Spannungen jetzt dadurch vermieden sind, daß Zink und Kupfer mittelst der Pappe zwar in leitender Verbindung stehen, ohne daß aber eine, die frühere (positive) aufhebende (negative) Spannung eintritt. Die 100ste Kupferplatte hat die positive Elektrizität von der Stärke 99 d, während die letzte darüber gelegte, 100ste Zinkplatte die Stärke 100 d hat, da jetzt eine neue Spannung ein-

tritt. Die unterste Kupferplatte, welche mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht, hat stets die Elektrizität Null.

Bringt man nicht die unterste Kupferplatte, sondern z. B. die 21 te mit der Erde in leitende Verbindung, so daß diese die Elektrizität Null hat, so läßt sich ganz eben so einsehen, daß die unterste Kupferplatte, da sie die 21 te von derjenigen ist (nach unten zu), welche Null hat, die (negative) Elektrizität — 20 d haben muß, die oberste Zinkplatte dagegen die (positive) Elektrizität + 80 d, — so daß die Spannung zwischen der untersten Kupferplatte und der obersten Zinkplatte doch wieder 100 d ist. — Bringt man statt der 21 ten, die 51 te Kupferplatte mit der Erde in leitende Verbindung, so hat die unterste Kupferplatte die (negative) Elektrizität von der Stärke — 50 d, die oberste Zinkplatte dagegen eine (positive) Elektrizität von derselben Stärke, nämlich + 50 d, und der Unterschied dieser beiden Elektrizitäten, also was man die Spannung zwischen diesen beiden Platten nennt, ist daher wiederum 100 d.

Volta hat im Jahre 1800 eine solche Säule zuerst aufgebaut und damit der Elektrizitätslehre die neue, fruchtbare Wendung gegeben; sie wird nach ihm die Voltaische Säule genannt. Sie kann stehend, sie kann liegend, und in jedem dieser Fälle kann sie trocken oder naß sein, je nachdem nämlich der zwischengeschobene Nichterreger ein trockener oder ein mit Wasser getränkter oder nasser Körper ist. Volta hat auch die Metallplatten in Form eines umgekehrten ⊓ mit einander verbunden und in neben einander stehende Glasbecher gehängt, so daß diese Paare durch eine Flüssigkeit in den Gläsern, von einander getrennt sind; dieß ist ein Becherapparat. — Man hat auch je zwei sich berührende Platten in einen Trog in einiger Entfernung von einander, fest gekittet und die einzelnen Zellen mit einer Flüssigkeit (gewöhnlich mit einer schwachen d. h. verdünnten Säure) ausgegossen; dieß ist ein Zellenapparat. Bei Trogapparaten haben die vereinigten Platten wieder

diese Form, nämlich ⊓; die Zellen im Troge werden durch Glaswände gebildet, jede der ⊓ förmigen Platten wird über eine dieser Scheidewände gelegt, so daß sie mit der Kupferhälfte des ⊓ in der einen Zelle, mit der Zinkhälfte desselben aber in der nächsten Zelle hängt, und in jeder Zelle die Kupferhälfte von dem einen ⊓ und die Zinkhälfte des nächsten ⊓, in einiger Entfernung von einander, sich in der Flüssigkeit befinden, womit die Zelle ausgefüllt ist. Indem man alle ⊓ Platten an eine mit Firniß überzogene Holzleiste befestigt, hat man noch den Vortheil, daß man alle zugleich nach Belieben herausnehmen und wieder einsetzen kann.

Verbindet man nun die beiden äußersten Kupfer- und Zinkplatten einer solchen *Voltaischen* Säule durch einen (*Schließungs*-) Leiter mit einander, so bildet sich auf's Neue der Strom und zwar *ununterbrochen*, so lange die Schließung nicht aufgehoben wird. Die *Stärke* dieses Stromes hängt von der Summe aller Spannungen und von den Längen, Querschnitten und dem Leitungs-Vermögen *aller* einzelnen Leiter ab, mit Inbegriff des Schlußleiters. Ausserdem zeigt diese *galvanische* (geschlossene) *Kette* an jeder ihrer Stellen eine bestimmte Elektrizitäts-Menge an ihrer Oberfläche, die ebenfalls von den Spannungen und den Längen, Querschnitten und dem Leitungs-Vermögen der einzelnen Leiter abhängt. Dem Prof. G. S. *Ohm* ist es gelungen, die beiden höchst verwickelten Gesetze für die Bestimmung der gedachten Stärke des Stromes und der sich auf der Oberfläche zeigenden Elektrizitäts-Menge an einer jeden Stelle einer geschlossenen Kette, auf mathematischem Wege fest zu setzen, und dadurch der Wissenschaft einen ungemein großen Dienst zu leisten. — Wird die Schließung aufgehoben, so hört der *Strom* sofort auf und es nehmen die Elemente der nun offenen Kette (d. h. der nicht geschlossenen *Voltaischen* Säule) ihre alten Spannungen, d. h. ihre alten Elektrizitätszustände auf der Oberfläche wieder an.

Betrachten wir nun die Licht- und Wärmewirkung eines solchen galvanischen Apparats, der in allen seinen Theilen isolirt ist. Zuvor bemerken wir, daß die Enden einer solchen Säule ihre Pole heißen und zwar das Ende mit dem negativeren Metall der negative Pol, das andere Ende mit dem positiveren Metall der positive Pol. Nimmt man nun einen Drath in die Hand und berührt man mit dem einen Ende desselben den einen Pol der Säule, so daß die Elektrizität dieses Pols durch den Drath und dem menschlichen Körper in die Erde abgeleitet wird, so tritt am andern Pol der Säule die Elektrizität in ihrer größten Stärke auf, weil die Spannung zwischen den äußersten Enden stets dieselbe bleibt. Nähert man nun das andere Ende des Drathes diesem anderen Pol, so springen die elektrischen Funken unausgesetzt über, die sich an gut getrockneter Lindenkohle, an Eisen, Drathspitzen, an Quecksilber, an Silber-Amalgam, an dünn geschlagenen Metallplättchen (welche dabei mit verschiedenen Farben verbrennen) besonders schön zeigen, wenn dieser andere Pol damit versehen wird. — Davy nahm 2000 vierzöllige Plattenpaare, brachte an beiden Polen (mittelst Drathleitung) Kohlenspitzen an und näherte beide einander (bis auf $\frac{1}{3}$ Linie); dann entstand eine Lichtlinie zwischen diesen beiden Kohlenspitzen; waren die Kohlen einmal im Glühen, so konnte er sie bis auf 4 Zoll von einander entfernen, ohne daß der Lichtstreif verschwand, welcher in der Mitte am Breitesten war, nach den beiden Kohlenspitzen hin aber schmal zulief. Brachte man Saphir, Quarz (Kieselerde), Talk (kohlensaure Bittererde) oder Kalk in diese Flamme, so wurden sie flüssig, sie schmolzen; eben so schmolzen dicke Platindräthe in große Kügelchen, während Platin einer sehr großen Hitze zum Schmelzen bedarf. Diamant (reiner Kohlenstoff), Graphit (Bleistiftmasse, 5 Prozent eisenhaltiger Kohlenstoff) verdampften in dieser Flamme, d. h. sie verflüchtigten sich und verschwanden. — Dieses Licht ist gleichzeitig so außerordentlich stark, daß in

neuester Zeit Spekulanten die Absicht hatten, auf diese Weise einen großen Platz, ja eine große Strasse durch ein einziges solches (Sideral-) Licht zu erleuchten und Tageshelle hervor zu bringen. Die Wirkung der Säule dauert nämlich so lange fort, als die Metallplatten noch metallische Oberfläche behalten. Endlich glaubte man die Metall-Auflösung, die sich in den Zellen durch den flüssigen Nicht-Erreger bildet, zur Erzeugung verschiedener Farben benützen und dadurch das Geschäft einträglicher machen zu können.

Bei dieser Gelegenheit will ich gleich auf den Uebelstand aufmerksam machen, der sich bei der Anwendung solcher Voltaischen Säulen bemerkbar macht; es ist dieß die Veränderlichkeit der Wirkung solcher Säulen, welche in der Veränderlichkeit ihrer Elemente (d. h. eines jeden einzelnen Plattenpaares) ihren Grund hat, weil solche durch den zwischenliegenden Nichterreger meist und schnell in ihrem metallischen Zustand eine Veränderung erfahren, auf ihrer Oberfläche ihre metallische Eigenschaft verlieren und in der wässerigen Flüssigkeit aufgelöst werden. Es haben daher Daniell, Grove und Bunsen sogenannte constante Elemente angegeben und benützt, und es lassen sich leicht noch mehr dergleichen voraussagen und versuchen; doch will ich mich hier nicht weiter darauf einlassen und will nur noch erwähnen, daß Desprez mit einer Säule aus 600 Bunsen'schen Elementen bis jetzt die größten Wirkungen hervorgebracht hat, wie selbiger auch der erste ist, welcher aus Kohlenstoff wirkliche Diamanten künstlich hervorgebracht hat, freilich nur in den kleinsten Dimensionen. — Dagegen will ich noch bemerken, daß schon Seebeck entdeckt hatte, daß wenn zwei verschiedene Metalle sich berühren und an ihrer Berührungsstelle erhitzt werden, dann eine Aenderung der Spannung sich ergiebt und daß diese, unter übrigens gleichen Umständen, zwischen Antimon (Spießglanz) und Wismuth am größten ist. Diese Aenderung der Spannung nennt man die Thermo-

Elektrizität. — Verbindet man nun ein solches Plattenpaar durch einen beliebigen Drath, so ist zwar an sich kein Strom möglich, weil nach dem ersten Theil des Spannungsgesetzes, die Summe aller Spannungen Null ist, — aber es tritt eine constante Spannung, also ein constanter Strom ein, so wie die Berührungsstelle zwischen dem Paar allein erhitzt wird, und die übrigen Stellen der Verbindung nicht. Dieses Element wird von G. S. Ohm als das constanteste gehalten, welches bis jetzt existirt.

Diese, durch Erhitzung der sich berührenden Stelle der Metallpaare (während die übrigen Theile derselben diese größere Erhitzung nicht bekommen) hervorgebrachte Elektrizitäts-Erscheinung, deutet wiederum darauf hin, daß (wie wir am Schlusse der letzten Vorlesung vermuthen mußten) die Wärme eine innige Vereinigung der beiden Elektrizitäten sein dürfte. Indem die sich berührende Stelle der beiden Erreger allein mehr Wärme bekommt, wird das Gleichgewicht zwischen den beiden Elektrizitäten in den Erregern gestört, die hinzugetretene Wärme fängt an sich in die beiden Elektrizitäten zu zersetzen und der Doppelstrom muß die geschlossene Kette durchziehen. Im gewöhnlichen Zustande der Stoffe halten sich die beiden, in den kleinsten Theilen derselben befindlichen Elektrizitäten, vermöge ihrer anziehenden und abstoßenden Eigenschaft, bloß im Gleichgewicht; jede derselben ist für sich vorhanden, nur von der andern so im Gleichgewicht gehalten, daß keine sich sichtbar (fühlbar) machen kann; vereinigen sie sich aber, einmal an die Oberfläche der Körper gelockt, daher von den einzelnen Stofftheilchen nicht mehr gehindert, auf das innigste (chemisch) mit einander, so entsteht eine neue Kraft, die von jedem ihrer Bestandtheile verschieden ist, nämlich die Wärme.

Kehren wir aber wieder zur Aufzählung der Wirkungen einer Voltaischen Säule zurück.

In vollständig geschlossenen Säulen erwärmen sich einge-

schaltete Drähte bis zum Glühen, ja bis zum Schmelzen, selbst bis zum Verdampfen. Die Größe der Erhitzung am Schließungsleiter wird desto größer, je geringer sein Leitungsvermögen ist.

Besonders merkwürdig sind aber die chemischen Wirkungen eines solchen galvanischen Apparats. — Wasser z. B. ist ein aus zwei Gasarten (d. h. aus zwei Luftarten) zusammengesetzter Stoff, nämlich aus dem Sauerstoff (welcher auch 23 Prozent der atmosphärischen Luft ausmacht) und dem Wasserstoffgas. Werden nun beide Pole der Säule in Wasser geleitet, so zieht der positive Pol das Sauerstoffgas, der negative Pol aber das Wasserstoffgas an sich; diese Gasarten steigen an den Polen als Luftbläschen in die Höhe und können aufgefangen werden; das Wasser zersetzt sich auf diese Weise endlich ganz in diese beiden Luftarten; es verschwindet als Wasser. Dabei müssen wir den Sauerstoff als negativer elektrisch, den Wasserstoff aber als positiver elektrisch annehmen, weil die umgekehrten positiven und negativen Pole der Kette sie mit solcher Kraft an sich ziehen, daß sie ihre Verbindung unter sich (zu Wasser) aufgeben müssen. — Es liefern 9 Lothe reines Wasser auf diesem Wege 1 Loth Wasserstoffgas und 8 Lothe Sauerstoffgas.

Es giebt eine Menge zusammengesetzter Stoffe, welche wie Erde aussehen, aber nichts anders als chemische Verbindungen aus dem oben genannten Sauerstoff und verschiedenen zum Theil längst bekannten Metallen sind, sogenannte Metall-Oxyde, oder, wie sie die ältere Chemie unpassend nannte, Metall-Kalke. — Diese Neigung des in der atmosphärischen Luft vorhandenen Sauerstoffs, sich mit den Metallen chemisch zu verbinden und sogenannte Metall-Oxyde, zuweilen auch solche Stoffe zu bilden, welche man metallische Säuren nennt, ist die Ursache, daß die der Luft ausgesetzten reinen Metalle an ihrer Oberfläche früher oder später ihren metallischen Glanz verlieren (anlaufen, trübe werden, rosten), eben weil sie

sich daselbst mit dem Sauerstoff verbinden (oxydiren, — verkalken oder auch versäuren); und diejenigen Metalle, welche dieß äußerst langsam oder in gewöhnlicher Temperatur gar nicht thun, wurden deshalb edle Metalle genannt (wie Gold, Silber, Platin und Quecksilber), die übrigen der bekannten Metalle hießen dann unedle. — Mittelst der Voltaischen Säule hat man aber aufgedeckt, daß es noch sehr viele Metalle giebt die wir bloß deshalb nicht als Metalle zu sehen bekommen, weil sie eine so starke Neigung zum Sauerstoff haben, daß sie in dem Augenblick, wo sie sich der Luft ausgesetzt sehen, sich auch mit dem Sauerstoff der Luft chemisch verbinden, und neue, zusammengesetzte Stoffe bilden, welche das erdartige Aussehen haben und Metall-Oxyde sind. So ist es gelungen, mittelst der Voltaischen Säule, das Kali (einen wesentlichen Bestandtheil der Pottasche) und das Natron (einen wesentlichen Bestandtheil der Soda) als Metall-Oxyde nachzuweisen; der Sauerstoff geht an den positiven Pol der Säule, das Metall mit seinem metallischen Glanze zeigt sich auf der negativen Seite der Säule. — Man hat diesen beiden Metallen den Namen Kalium und Natrium gegeben. — So wie man die Wirkung der Säule aufhören läßt, vereinigt sich das Metall sogleich wieder mit dem in der atmosphärischen Luft vorhandenen Sauerstoff und man hat dann wieder diese erdartigen Massen, welche Kali und Natron heißen, welche beide im Wasser auflöslich sind und (nicht Erden sondern) Alkalien genannt werden *). Auf gleiche Weise ist aber seit dieser Zeit außer Zweifel gestellt, daß auch alle Erden, z. B. Kiesel-Erde (Quarzsand), reine Thon-Erde, reiner (frisch gebrannter) Kalk, reine Bitter-Erde, Beryll-Erde, Strontian-Erde u. s. w., nichts anders als chemische Verbin-

---

*) Zu den Alkalien wird auch noch als drittes das Ammoniak gerechnet, welches jedoch, nach einer neuern Erfahrung, eine chemische Verbindung des Stickstoffes mit dem Wasserstoff ist.

dungen sind aus dem Sauerstoff und metallartigen Grundstoffen, welche letztere aber, wegen ihrer großen Begierde nach Sauerstoff, als reine Metalle in der Natur nicht vorkommen. Wirft man z. B. etwas eben künstlich gewonnenes Kalium-Metall auf Wasser, so schwimmt es darauf, hat aber eine solche Begierde nach dem Sauerstoff, daß es das Wasser in seine beiden Bestandtheile zerlegt, den Sauerstoff an sich reißt, und dabei starken Lichtglanz entwickelt; es verwandelt sich dabei wieder in Kali; und wir sagen dann, das Kalium sei verbrannt. — Die (meist metallischen) Grundstoffe, welche in den oben genannten Erden den einen Bestandtheil bilden, während der Sauerstoff der andere ist, hat man nach der obigen Reihe: Silicium (auch Kiesel), Aluminium, Calcium, Magnesium oder Magnium, Beryllium, Strontium u. s. w. genannt.

Alle Metalle, welche als solche in der atmosphärischen Luft sich nicht erhalten können, werden auch Halbmetalle genannt, so daß die (mehr als 40) nun bekannten Metalle in edle, unedle und Halb-Metalle eingetheilt werden, nach ihrer geringen, größeren oder äußerst großen Verwandtschaft zu dem Sauerstoff.

Daß die bis in das laufende Jahrhundert hinein für einfache Stoffe gehaltenen beiden Alkalien und die Erden nichts anders als Sauerstoff-Verbindungen sind, in denen der Sauerstoff sich stets negativ elektrisch zeigt, gab auch der Chemie eine neue Richtung; man vermuthete, daß überhaupt alle chemischen Stoffverbindungen zu neuen Stoffen, nur Folge der verschiedenen elektrischen Zustände der einfacheren Bestandtheile sind, die sich nur dem Anziehungsgesetz der entgegengesetzten Elektrizitäten gemäß, sich einander aufsuchen und, so wie sie sich berühren, auch innigst mit einander vereinigen und in dieser innigen Vereinigung den neuen Stoff mit seinen neuen Eigenschaften bil-

den. Damit sie sich einander nähern können, muß deshalb mindestens in der Regel einer von beiden im flüssigen Zustande sein; sonst ist eine chemische Verbindung in merklicher Menge kaum möglich. — Auch findet während jeder chemischen Vereinigung (d. h. während jedes chemischen Prozesses) eine Temperatur-Veränderung statt, welche wiederum elektrischen Ursprungs sein dürfte. — Diese von Davy und Berzelius aufgestellte sogenannte elektro-chemische Theorie hat in Verbindung mit der Stöchiometrie unsere heutige Chemie auf die so bewundernswerthe Höhe gehoben. — Die Stöchiometrie ist aber ebenfalls ein Produkt unsers gegenwärtigen Jahrhunderts und lehrt, daß zwei einfachere Stoffe sich nur in einem bestimmten Gewichtsverhältniß mit einander verbinden, und daß, wenn von dem einen derselben etwas mehr vorhanden, dieser Ueberschuß unverbunden (frei) bleibt und mit dem neuen Stoff bloß gemengt (d. h. jeder, wenn auch zuweilen in sehr kleinen Stücken, neben dem andern für sich erkennbar) erscheint. — So geben 28 Gewichtstheile Eisen mit 8 G. Theilen Sauerstoff, das Eisen-Oxydul als einen neuen Stoff, der nicht mehr metallisch ist. Nimmt man nun zu den 8 G. Theilen Sauerstoff mehr als 28 G. Theile Eisen, so bleibt der Ueberschuß freies (reines) Eisen. Nimmt man aber zu den 28 G. Theilen Eisen mehr als 8, z. B. 11 Theile Sauerstoff, so bleiben 3 Theile freier Sauerstoff übrig, der sich nicht mit dem Eisen verbindet. Nimmt man aber zu den 28 Theilen reines Eisen, 2 mal 8 Th. d. h. 16 Theile Sauerstoff, so entsteht wieder ein neuer Stoff, das Eisen-Oxyd. Richtiger ist es vielleicht, wenn man das Eisenoxyd als eine Verbindung der 36 Theile Eisenoxydul mit neuen 8 Theilen Sauerstoff ansieht. — Etwas mehr Eisen giebt immer noch dasselbe Eisenoxyd, welches stets genau aus denselben Theilmengen besteht, und ausserdem zeigt sich noch der Ueberschuß an reinem Eisen, das aber von dem Eisenoxyd einen Theil des Sauerstoffes an sich zieht, so daß es

sich in Eisenoxydul verwandelt, und das Ganze eine Verbindung aus Eisenoxydul und Eisenoxyd wird.

Aehnliches bei allen chemischen Verbindungen. So erklärt sich das Dasein mancher Naturprodukte. Wir finden z. B. im sogenannten Magnet-Erz, Eisen-Oxyd und Eisen-Oxydul zugleich vor; es war offenbar an dieser Stelle zu dem Vorrath an reinem Eisen mehr Sauerstoff vorhanden als zum Eisen-Oxydul nöthig ist, und weniger als das Eisen-Oxyd erfordert; nachdem sich also der ganze Eisenvorrath in Eisen-Oxydul und Eisen-Oxyd verwandelt hatte, verbanden sich beide (wieder in bestimmten Gewichts-Verhältnissen) abermals mit einander. — So ist der sogenannte Granitfels ein Gemenge von 3 einzelnen in kleinen Körperchen erscheinenden Stoffen, welche Quarz, Feldspath und Glimmer genannt werden, während die Chemie nachweist, daß der Feldspath eine chemische Verbindung von Quarz und Thonerde mit einer andern aus Quarz und Kali (oder, statt des Kali, Natron oder Kalk), der Glimmer aber eine chemische Verbindung aus denselben Stoffen ist, aus denen der Feldspath besteht, nur daß in Letzterem 4 mal so viel Thonerde und ½ mehr Quarz sich mit einander verbunden haben. An der Stelle, wo sich dieser Granit bildete, war also zur Zeit seiner Bildung eine große Menge Quarz, eine kleinere Menge von Thonerde und eine noch kleinere Menge von Kali vorhanden, im flüssigen Zustande, so daß diese drei genannten Stoffe chemische Verbindungen eingehen konnten. Verbänden sich nun die Stoffe in jedem beliebigen Verhältniß, so würden diese drei Stoffe ein einziges gleichartiges Gemisch, einen einzigen neuen Stoff gegeben haben. Weil aber das vorhandene Kali sich nur mit einer bestimmten Menge von Quarz (zu kieselsaurem Kali) verband, so blieb noch so viel Kieselsäure übrig, daß die Thonerde auch den Theil, den sie überhaupt aufnehmen kann, davon an sich ziehen konnte. Es bildeten sich daher zwei verschiedene kieselsaure Thonverbindungen, eine aus 1 Theil Kie-

selerde (Kieselsäure) und 1 Theil Thonerde, und eine zweite aus 1½ Theil Kieselsäure und 4 Theilen Thonerde; diese letztere kieselsaure Thonverbindung nahm nun den bestimmten, ihr zukommenden Theil des kieselsauren Kali an sich und bildete den Glimmer; die erstere kieselsaure Thonverbindung nahm auch den Theil des kieselsauren Kali an sich, den sie aufnehmen kann und bildete den Feldspath. Immer war aber noch mehr Kieselsäure (d. h. Quarz) vorhanden; dieser blieb nun frei und ist daher als Quarz im Granit abgesondert zu sehen.

Nach dieser Abschweifung in das Gebiet der Chemie, müssen wir zu den Wirkungen unserer so äußerst wichtig gewordenen Voltaischen Säule zurückkehren.

Führt man beide Pole einer Voltaischen Säule (mittelst Dräthe) an zwei Stellen des menschlichen Körpers, so bildet der letztere, oder das bestimmte Glied des letzteren, auf dessen Enden die Pole sich befinden, den Schlußleiter, und der galvanische Strom bildet physiologische Erscheinungen, — am Auge Lichterscheinungen, — an den Ohren Sausen und Dröhnen, — an andern Gliedern andere krampfhafte Zustände, die von der zersetzenden Wirkung der Säule abgeleitet werden können, welche die chemischen Bestandtheile des Gliedes auseinander zu reißen sich bemüht. — Mittelst dieser zersetzenden Wirkung kann man auch Säuren oder Kalien durch ein solches Glied des thierischen Körpers durchziehen machen. — Für die Heilung gewisser, bloß örtlicher Krankheiten dürfte aus der Anwendung des Galvanismus mancher Vortheil sich ergeben; wenn man erst mehr Herrschaft über die Sache gewonnen haben wird, was zur Zeit noch nicht der Fall zu sein scheint. Die Anwendung dieses Heilverfahrens kann daher zur Zeit eben so leicht schaden als nützen.

Eine der wichtigsten Eigenschaften der Voltaischen Säule, welche Oersted in Kopenhagen im Jahre 1820 entdeckte, ist ihr Einfluß auf die Magnetnadel. — Bringt man neben eine

aufgehängte und nach Norden zeigende Magnetnadel und parallel mit ihr, den Schließungsleiter einer Voltaischen Säule, so wird solche von ihrer Richtung um so bedeutender abgelenkt, je stärker der Strom ist; und hebt man die Wirkung des Erdmagnetismus (durch eine Verbindung zweier Magnetnadeln in entgegengesetzter Richtung zu einer sogenannten Doppel-Nadel) ganz auf, so stellt sich die Magnetnadel gegen den schließenden Leiter ganz senkrecht, auf welcher Seite desselben die Nadel aufgehängt worden sein mag; — doch besteht dabei folgende Regel: „Stellt man sich so gegen den schließenden Leiter, daß er in der „Gesichtslinie liegt und der positive Strom vom Auge abwärts, „der negative Strom also nach dem Auge hin strömt, so wird „der Nordpol der Magnetnadel stets nach der linken Seite hin „sich drehen." — Diese Ablenkung der Magnetnadel hat Schweigger benützt, um durch einen sehr langen, mit Seide umsponnenen Schließungsdraht von gewundener Form, in dessen Höhlung eine Magnetnadel angebracht wird, so daß alle Strömungen in den einzelnen Windungen sie gleichzeitig in derselben Richtung ablenken, — selbst sehr geringe galvanische Ströme bemerkbar zu machen; diese Vorrichtung wird der galvanische Multiplikator genannt. — Unter Umständen, welche aus der Betrachtung der oben erwähnten Ohm'schen Gesetze abgesehen werden können, wirkt eine Säule von nur wenigen Plattenpaaren, ja oft ein einziges Plattenpaar, auf die Ablenkung der Magnetnadel eben so viel, als eine große Anzahl von Plattenpaaren.

Ein schraubenförmig gewundener Schließungsleiter, dessen Gänge sich nicht berühren, wird, wenn der Strom durchgeht, ein förmlicher Magnet; sein eines Ende wird Nordpol, das andere Südpol des Magneten. — Wird in einem gewundenen Schließungsleiter ein Eisenstab oder ein Stahlstab in die Höhlung desselben gebracht, so wird er augenblicklich ein sehr starker Magnet, nach der Stärke des Stroms; so wie aber die Schlie-

ßung aufgehoben wird, so hört auch der Eisenstab sogleich wieder auf ein Magnet zu sein. Hat man einen gehärteten Stahlstab genommen, so bleibt er Magnet, wie dieß von dem Stahl schon früher angeführt wurde. — Nimmt man den Stab in Hufeisenform, umwickelt man ihn schraubenförmig mit einem leitenden Drath ringsherum und schließt man mit beiden Enden dieses Drathes die Voltaische Säule, so hat man einen starken Hufeisen-Magnet, der oft mehrere Centner Eisen trägt und der bleibend ist, wenn man gehärteten Stahl genommen hat (und dieß ist zur Zeit die beste Methode, starke künstliche und bleibende Magneten anzufertigen); das Hufeisen hört aber sogleich auf Magnet zu sein, wenn man reines Eisen genommen hat und die Schließung aufhebt (die Kette aushängt). Auf dieser letzteren Eigenschaft beruht die Anwendung der Voltaischen Säule zum Fernschreiben (Telegraphiren). Hängt man nämlich die Kette abwechselnd ein und aus, so zieht das Eisen als Magnet oder nicht; durch dieses abwechselnde magnetische Anziehen und Nichtziehen setzt sich ein anderes Stück Eisen in eine Bewegung, hin und her, aber in der Ferne, an dem Orte, wo die Nachricht in Empfang genommen werden soll und wo der Apparat (mit dem umwundenen Eisen) aufgestellt ist. Dadurch können dort Punkte, Striche gemacht werden, die eine bestimmte Bedeutung haben und über deren Bedeutung man sich verständigt hat. — Ein mittelst einer Voltaischen Säule hervorgebrachter Magnet wird Elektro-Magnet genannt.

Außerdem hat man die Eigenschaft der Voltaischen Säule, chemische Verbindungen (also auch Kupfer-, Silber-, Gold-Auflösungen) wieder zu zersetzen, in den Gewerben auch dazu benützt, um Gypsfiguren, andere Gegenstände, Kupferstich-Platten u. s. w., mit mehr oder minder dicken Lagen Kupfer zu überziehen und dadurch Bronzestatüen ꝛc., ferner neue, für den Abdruck sehr brauchbare Kupferstich-Platten zu gewinnen, —

unedle Metalle zu versilbern und zu vergolden, — auf polirte Metalle allerlei farbige Figuren zu bringen u. dgl. m.

Faraday hat noch eine neue, für die Theorie des Galvanismus sehr wichtige Entdeckung hinzugefügt, indem er zuerst auf die sogenannten Induktions-Erscheinungen aufmerksam machte, welche analog denen sind, die wir oben an dem Magnetismus und bei der Reibungs-Elektrizität bereits erwähnt haben, und wonach der Pol eines Magneten, einem Eisenstab nur genähert, in letzterem bereits eine Entzweiung der magnetischen Kraft hervorbringt, so daß dem Magnet-Pol der entgegengesetzte magnetische Pol im Eisenstab am nächsten zu stehen kommt, — und wonach, wenn man sich irgend einem isolirten Metallstab mit einer $\pm$E nähert, in letzterem bereits die beiden Elektrizitäten gleichsam sich trennen und die entgegengesetzte $\mp$E, der erstern am nächsten tritt, wie solches der Anziehung zwischen den entgegensetzten Polen oder den entgegengesetzten Elektrizitäten entspricht. An der Voltaischen Säule spricht sich nun diese Induktion auf folgende Weise aus:

Hat man einen in sich zurücklaufenden Leiter und läßt man durch einen, mit einem Stücke desselben nebenbei parallel laufenden begrenzten Leiter einen elektrischen Strom gehen, so durchzieht im ersten Augenblick, und nur auf einen Augenblick, den in sich zurücklaufenden Leiter, bloß wegen seiner Nähe, ein Strom in entgegengesetzter Richtung. Läßt man später den Strom durch den begrenzten Leiter wieder aufhören, so tritt im Moment des Aufhörens, im neben liegenden, in sich zurücklaufenden Leiter ein Strom (ebenfalls nur augenblicklich) auf, in derselben Richtung desjenigen, welcher im begrenzten Leiter eben aufgehört hat, also eine Wirkung derjenigen entgegengesetzt, welche bei'm Anfang der Strömung der Säule statt gefunden hat. Dieselben beiden Wirkungen treten ein, wenn, während der Strom durch den angrenzenden begrenzten Leiter geht, man plötzlich eine Vermehrung oder eine Verminderung des Stroms ein-

treten läßt. Beide Wirkungen sind auch dann immer nur augenblicklich in dem Momente der Verstärkung oder Verminderung.

Aehnliche Erscheinungen in dem zurücklaufenden Leiter bringen auch schon die Magnete hervor. — Hierauf gründet sich die Magneto-Elektrisirmaschine, mittelst welcher man alle Wirkungen des galvanischen Stromes, — Hitzewirkungen, chemische Zersetzungen, Erschütterungen im thierischen Körper und Ablenkung der Magnetnadel — hervorbringen kann. Da die Wirkungen des Magneten ebenfalls nur momentan sind, so muß er beständig gedreht werden, damit seine Pole abwechselnd in die entgegengesetzte Lage kommen, wodurch in dem, in sich zurücklaufenden Leiter abwechselnd entgegengesetzte Strömungen entstehen, die mittelst eines Drehapparats sehr rasch auf einander folgen können.

Wir schließen diese Vorlesung, indem wir noch die Ansicht mittheilen, welche der um die Theorie der galvanischen Säule so sehr verdiente G. S. Ohm über den Zusammenhang der Elektrizität mit dem Magnetismus und über das Wesen der Elektrizität selbst ausgesprochen hat, nämlich:

1) Die unendlich kleinen Magnetchen, die im Eisen in einer solchen Lage liegen, daß sich die Wirkungen ihrer entgegengesetzten Pole im Gleichgewicht halten, aber durch eine äußere Einwirkung in eine andere Lage gebracht, einen zusammenhängenden großen, nach außen wirkenden Magneten bilden, sind eigentlich elektrische, mit Polarkräften, d. h. mit entgegengesetzten Polen (+E, —E) begabte kleinste Theile des Eisens.

2) Alle übrigen Stoffe bestehen aus eben solchen mit elektrischen Polen versehenen kleinsten Theilchen, welche durch Reiben oder, bei andern Stoffen, bloß durch die Berührung aus ihrer

Gleichgewichtslage gebracht und vermöge des sich Abstoßens der gleichnamigen Pole und des sich Anziehens der ungleichnamigen, einen zusammenhängenden Magnet, d. h. einen elektrisirten Körper bilden, welcher als solcher zu wirken fähig ist.

3) Alle und die verwickeltsten Erscheinungen des sogenannten Galvanismus, Magnetismus und der Elektrizität lassen sich mathematisch als die nothwendigen Folgen des Anziehungs- und Abstoßungsgesetzes der beiden Pole dieser unendlich kleinen, mit zwei entgegengesetzten elektrischen Polen versehenen Körpertheilchen nachweisen.

Derselbe gründliche, besonnene und mathematische Naturforscher hoffte auch noch, daß wenn dieß letztere einmal auf eine entscheidende Weise durchgeführt sein wird, dann noch gleichzeitig die Krystallisation, sowie die Gesetze und die Natur der Wärme und des Lichtes sich daran anschließen werden.

Ich will noch hinzufügen, daß da im Innern der Erde die verschiedensten Stoffe sich berühren, sowohl Erreger als Nichterreger, es gar nicht zu den Unmöglichkeiten gehört, sondern eine große Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden ist, daß sich daselbst eine natürliche Voltaische Säule gebildet hat, nicht so regulär, wie unsre künstlichen, aber doch eben genug wirksam, um das in der Nähe der Erdoberfläche liegende unreine Eisen in einen bleibenden Magnet, das (etwa vorhandene?) reine Eisen aber in einen so lange andauernden Magnet zu verwandeln, als die Einwirkung jenes natürlichen galvanischen Apparats auf dasselbe, der hinreichenden Nähe wegen, möglich ist. Und da das Innere der Erde höchst wahrscheinlich in einem durch große uranfängliche Hitze hervorgebrachten flüssigen Zustande sich befindet, deshalb diese natürliche galvanische Kette veränderlich sein muß, so würde sich auch vielleicht daraus die Veränderlichkeit in der Abweichung der Magnetnadel im Laufe der Jahrhunderte, deren wir oben erwähnt haben, erklären.

Und da die Sonne und alle ihre zugehörigen Planeten, aus später zu erörternden Gründen, höchst wahrscheinlich aus denselben Stoffen bestehen, also aus irdischen, so ist die Annahme einer vorhandenen galvanischen Kette in der Sonne, und eines vorhandenen Sonnenmagnetismus, welcher die tägliche Ablenkung unserer Magnetnadeln veranlaßt, mehr als bloße Phantasie.

Sechszehnte Vorlesung.

Chemische Eigenschaften des Stoffes.

Wir haben bis jetzt 1) die allgemeine Anziehungskraft, 2) die Wärme als Dehnkraft und 3) die beiden polaren Kräfte (unter den verschiedenen Erscheinungen des Magnetismus, der Elektrizität und des Galvanismus) einer näheren Betrachtung unterzogen und eine große und mannigfaltige Reihe von Natur-Erscheinungen als nothwendige Folge ihres Wirkens nachgewiesen, oder, wie man sagt, erklärt. Wir haben in der letzten Vorlesung auch bereits darauf aufmerksam gemacht, wie die Verbindung zweier Stoffe zu einem dritten, der die meisten Eigenschaften seiner Bestandtheile nicht mehr, sondern ganz neue Eigenschaften zeigt, so daß man seine Bestandtheile in ihm nicht ahnen kann, eine chemische genannt wird, und ebenfalls nur als eine Wirkung der beiden Polarkräfte (der beiden Elektrizitäten) angesehen werden kann; wir haben bereits der Stöchiometrie erwähnt, welche die Zahlen-Verhältnisse angiebt, in denen allein Stoffmengen ganz sich mit einander chemisch verbinden, so nämlich, daß von keinem der beiden Bestandtheile etwas noch frei und unverbunden übrig bleibt. Wir haben ferner bereits darauf aufmerksam gemacht, daß jede innige (chemi-

sche) Verbindung der beiden Polarkräfte, Wärme, Hitze, Funken (Blitze) hervorbringt, und daß daraus sich auch die zuweilen so bedeutende Wärme-Erhöhung, die oft mit Lichtentwickelung (Feuer) verbunden ist, erklärt, welche während des Vorsichgehens der chemischen Verbindungen (während der chemischen Prozesse) gewöhnlich eintreten; und wir fügen jetzt noch hinzu, daß bei einigen chemischen Verbindungen auch Kälte erzeugt wird, wobei noch zu untersuchen bliebe, in wie weit dieses letztere von dem Entgegengesetzten des Verbindens, nämlich von dem oft gleichzeitigen Zersetzen eines Stoffes (d. h. von dem Zerlegen desselben in seine Bestandtheile) herrühren dürfte.

Erfahrungsmäßig steht aber nur fest, daß kein chemischer Prozeß statt findet, ohne eine Temperatur-Veränderung hervorzubringen; häufiger und meist, besteht diese Veränderung in einer Erhöhung, seltener und selten in einer Erniedrigung der Temperatur.

Es kann mir nicht einfallen hier Chemie zu treiben; aber ich will es doch versuchen heute eine kurze, möglichst klare und von einer allgemeinen Bildung jetzt verlangte Uebersicht über den Geist und den gegenwärtigen Zustand dieser Wissenschaft im Allgemeinen vorzulegen, wenn dieß auch nur in sehr abgerissenen Bruchstücken wird geschehen können.

Zuerst unterscheiden wir mechanische Verbindungen (Gemenge), von chemischen (welche früher vorzugsweise Mischungen genannt wurden). Sie können Salz und Pfeffer, oder Zucker und Zimmt, auf das Feinste stoßen und auf das Sorgfältigste stundenlang unter einander rühren; Sie haben eben immer noch Salz und Pfeffer oder Zucker und Zimmt; keinen neuen Stoff, der nicht mehr nach Salz oder Pfeffer, oder nicht mehr nach Zucker oder Zimmt schmeckte; — keinen neuen Stoff, der ganz neue Eigenschaften hätte. Sie haben also hier keine chemische sondern nur eine mechanische Verbindung; oder, nach einem andern Sprachgebrauche, Sie haben ein Ge-

menge, aber keine Mischung. Ahnen Sie aber im Kochsalze, welches dem Menschen und dem Viehe zu ihrer Gesundheit so unentbehrlich ist, das Chlorgas, welches eingeathmet, die Lungen zerstört, — und das Natrium-Metall, welches metallische Eigenschaften hat? — Das Kochsalz ist also eine chemische Verbindung aus Chlorgas und Natrium-Metall. — Unsre atmosphärische Luft besteht aus $23\frac{3}{10}$ Gewichtstheilen Sauerstoff(gas) und $76\frac{7}{10}$ Gewichtstheilen Stickstoff(gas)*) (und verhältnißmäßig sehr wenig, ungefähr $\frac{1}{20}$ Gewichtstheil Kohlensäure(gas), und noch weniger Ammoniak(gas). Aber diese Gase sind nicht mit einander chemisch verbunden, sondern nur mechanisch; jede dieser Gasarten ist für sich noch vorhanden, wenn auch auf das Gleichmäßigste vertheilt. Wer sieht es jedoch der Salpetersäure (dem sogenannten Scheidewasser) an, daß sie nichts anders ist, als eine (chemische) Verbindung aus denselben beiden erstgenannten Gasarten, nämlich aus 5 mal 8 (40) Gewichtstheilen Sauerstoffgas und 1 mal 14 Gewichtstheilen Stickstoffgas. — Eben so sind die salpetrige Säure, die untersalpetrige Säure, das Salpetergas (Stickoxydgas) und das Stickoxydulgas (Lustgas, weil es, eingeathmet, gleichsam einen angenehmen Rausch erzeugt) chemische Verbindungen aus bezüglich 4 mal 8, — 3 mal 8, — 2 mal 8, und 1 mal 8 Gewichtstheilen Sauerstoff und 1 mal 14 Gewichtstheilen Stickstoff. — Alle diese neuen Stoffe haben unter sich verschiedene Eigenschaften, und die Haupt-Eigenschaften des Stickstoffs und des Sauerstoffes nicht mehr **).

---

*) Dem Maaße nach besteht unsre Luft aus 21 Theilen des (schwereren) Sauerstoffs und 79 Theilen des (etwas leichteren) Stickstoffs. — Bei Gasarten giebt man die Verhältnisse häufig lieber in Maaß- (Raum-Inhalts-)Theilen an, als in Gewichts-Theilen.

**) Da wir Deutschen es lieben, möglichst undeutsch zu sprechen, so mag noch angeführt werden, daß man den Sauerstoff auch Oxygen-

Ferner müssen wir festhalten, daß zwei Stoffe, obwohl sie nicht abgeneigt sind, sich mit einander chemisch zu verbinden, dieß doch öfter direkt d. h. ohne Hilfe dritter Stoffe nie thun, wie eben z. B. der Sauerstoff und der Stickstoff, aus denen unsre atmosphärische Luft gemengt ist; andere zwei Stoffe verbinden sich zwar direkt, aber nicht bei jedem Wärmegrad; sie thun es oft lieber in einem höheren Wärmegrad; — zuweilen aber lieben es zwei Stoffe, nachdem sie sich bereits chemisch verbunden haben, bei einem noch höheren Hitzgrad sich wieder von einander zu trennen. — So steht Quecksilber in der Luft ganz unverändert; erhitzt man aber das Quecksilber etwas und läßt man dann atmosphärische Luft darüber hinstreichen, so verwandelt es sich an der Oberfläche in ein rothes Pulver (das „rothe Quecksilber-Präcipitat"), welches Quecksilber-Oxyd ist, d. h. eine chemische Verbindung des Quecksilbers mit dem Sauerstoff. Erhitzt man nun dieses (rothe) Quecksilber-Oxyd stark genug, so sondert sich das Quecksilber in Dampfform wieder ab, und läuft, abgekühlt, als flüssiges Quecksilber wieder zusammen *). — Wasserstoffgas und Sauerstoffgas berühren sich, ohne sich zu Wasser zu verbinden. Erhitzt man aber das Wasserstoffgas an einer kleinen Stelle nur (etwa mittelst der kleinen Flamme eines brennenden Stückchen Papiers, eines brennenden Wachsstockes), so geht die chemische Verbindung mit dem Sauerstoff

Gas (auch Lebensluft, Luftsäure), den Stickstoff auch Nitrogen-Gas, den Wasserstoff endlich (1 Gew.-Theil Wasserstoff und 8 Gew.-Theile Sauerstoff bilden, mit einander chemisch verbunden, das Wasser) auch Hydrogen-Gas nennt.

*) Man wird nicht irren, wenn man annimmt, daß in diesem Falle das Sauerstoffgas und das Quecksilber durch die größere Hitze so ausgedehnt werden, d. h. daß die Dehnkraft der Wärme beide Stoffe so bedeutend expansiv macht, daß sie sich vermöge dieser Expansivkraft von einander losreißen, weil jeder einen viel größeren Raum einnehmen will.

sogleich vor sich an dieser erhitzten Stelle; es entwickelt sich aber dabei so viel Hitze (mit Licht), daß auch die nächstangrenzenden Stellen heiß genug werden, um sich mit dem herbeiströmenden Sauerstoff chemisch verbinden zu können. Dieser Prozeß wiederholt sich von Stelle zu Stelle, bis der ganze vorhandene Vorrath von Wasserstoff, wie wir sagen, „verbrannt" ist, d. h. sich vollständig mit dem Sauerstoff (zu Wasser) verbunden hat *).

Dieß ist der Hergang bei jedem im Leben sogenannten „Verbrennen" eines Stoffes; das Verbrennen ist nie etwas anderes als der Vorgang (der Prozeß) des chemischen Verbindens des fraglichen Stoffes mit dem Sauerstoff, welchen letzteren gewöhnlich unsre atmosphärische Luft in der nöthigen Menge liefert. So verbrennen Schwefel, Kohle, Zink, Blei, Oele und Fette ꝛc. erst, nachdem eine Stelle vorher hinreichend erhitzt worden ist, und wenn der Sauerstoff in hinreichender Menge hin-

*) Wasserdampf zersetzt sich auch wieder (in großer Hitze) in diese beiden Gasarten. — Gebraucht man daher bei dem Löschen einer Feuersbrunst zu wenig Wasser, so kann dieß zur Vermehrung der Flamme und der Gluth beitragen, da das aus der Zersetzung des Wassers hervorgehende Wasserstoffgas sich sogleich entzündet und bei dem Verbrennen eine solche Hitze liefert, daß 1 Pfund Wasserstoffgas, welches aus einer engen Röhre ausströmte und entzündet wurde, 315 Pfund Eis geschmolzen hat; sollte sich das Wasserstoffgas mit der Kohle des brennenden Gegenstandes zu Kohlen-Wasserstoffgas (Leuchtgas) verbinden, so ist zu bemerken, daß das Licht des letzteren zwar viel stärker wird, die Hitze desselben aber schwächer; denn 1 Pfund Leuchtgas hat bloß (bei dem erwähnten Versuche) 85—88 Pfund Eis zum Schmelzen gebracht.

Wird dagegen ein brennendes Gebäude mit großen Wassermassen begossen, so bildet sich so viel Wasserdampf, daß derselbe das Zuströmen der atmosphärischen Luft verhindert, also das Zuströmen des Sauerstoffs, welcher allein das Verbrennen bewirkt; das „Verbrennen" muß also aufhören.

zutreten kann *). Die neuen Stoffe, welche aus diesem Verbrennen der vorbenannten Stoffe hervorgehen, sind bezüglich: die schwefelige Säure, die Kohlensäure, das Zinkoxyd, das Bleioxyd ꝛc. ꝛc., endlich Kohlensäure und Wasser. — Die schwefelige Säure wird zum Bleichen der Strohhüte, der von Weiden geflochtenen Körbe, — zur Bereitung der Schwefelsäure (indem sie sich auf's Neue mit Sauerstoff verbindet und so die Schwefelsäure giebt) und noch weiter benützt. — Die Kohlensäure ist die schwere, zum Athmen unbrauchbare Luft, die sich an dem Boden der Hundegrotte bei Puzzuoli, der Dunstgrotte bei Pyrmont und an vielen anderen Orten an dem Erdboden aufhält, welche aber auch im Selterwasser und in vielen andern Mineralbrunnen, — in den gährenden Getränken, daher auch im Champagner, das Moussirende und angenehm Kühlende ist. Die Kohlensäure ist auch ein Bestandtheil mehrerer Steinarten, auch der Pottasche (welche kohlensaures Kali ist) und der Soda (welche sich als eine chemische Verbindung aus Kohlensäure und Natron ausweist). Namentlich ist die Kohlensäure auch ein Bestandtheil des Marmors, aller Kalksteine, wenn sie auch unreiner sind als der Marmor (d. h. mit Thon und anderen Stoffen noch gemengt) und der Kreide, während der andere Bestandtheil der eben genannten Stoffe, die Kalkerde ist (der frisch gebrannte Kalk). Durch das Brennen, d. h. durch die große Erhitzung des Marmors, der Kreide, oder des Kalksteins überhaupt, wird hier wieder die Trennung (Scheidung) der beiden Bestand-

*) In der Chemie nennt man den Vorgang einer jeden chemischen Verbindung eines Stoffes mit dem Sauerstoff, das Verbrennen des ersteren, auch wenn keine Lichterscheinung sich dabei zeigt. Im letzteren Falle nennt man ihn dunkles Verbrennen. Andere Verbrennungen geben Licht, aber keine Flamme (die nur entsteht, wenn brennbare Gase entstehen); dann wird es Verglimmen, zuweilen Verkohlen genannt.

theile von einander bewirkt; die Kohlensäure entweicht als Gas und die Kalkerde bleibt übrig. — Bringt man aber etwas Kalkerde zwischen die Pole einer galvanischen Kette, so tritt eine Gasart an den positiven Pol, welche also negativ elektrisch ist und sich als Sauerstoff ausweist, und an dem negativen Pol zeigt sich ein metallisch glänzender Körper, welches Metall Calcium genannt wird. Der Marmor und die Kreide sind also chemische Verbindungen aus Kohlensäure und Kalk, während jeder dieser letzteren beiden Bestandtheile wiederum eine binäre (d. h. aus zwei einfachen Stoffen bestehende) Verbindung, die eine aus Sauerstoff und Kohlenstoff, die andere aus Sauerstoff und dem Calcium-Metall, ist*). — Ebenso ist der Magnesit (Talkspath, Bitterkalk) eine chemische Verbindung aus Kohlensäure und Talkerde (Bittererde), während die letztere wieder eine binäre Verbindung aus Sauerstoff und dem Magnium- (oder Magnesium-) Metall ist.

Die Stoffe sind entweder einfache oder aus anderen chemisch zusammengesetzte, aber dann stets **nur aus zweien** zusammengesetzt; denn nie verbinden sich gleichzeitig mehr als zwei Stoffe chemisch mit einander. — Jeder dieser beiden Bestandtheile kann aber wieder einfach oder zusammengesetzt sein. — Bis jetzt kennt die Chemie ungefähr 62 einfache Stoffe, d. h. solche Stoffe, welche man deshalb für einfache hält, weil es der Chemie noch nicht gelungen ist, sie in noch einfachere zu zerlegen. — Die übrigen Stoffe sind dann aus 2, 3, 4, 5, 6 und noch mehr dieser sogenannten einfachen Stoffe zusammengesetzt.

Wir wollen festhalten, daß der chemische Verbindungs-

---

*) Die Kreide ist der reinste kohlensaure Kalk; der Kalkstein hat häufig noch etwas Thon oder andere Stoffe bei sich. Unter den Kalksteinen ist der Marmor der reinste kohlensaure Kalk; seine Adern (Färbungen) rühren meist von sehr kleinen Mengen Metall-(Oxyd-)Auflösungen her.

Prozeß durchaus nur eine Folge des Unterschieds der Größe der polaren Kräfte der sich verbindenden Stoffe ist; daher verbinden sich jedesmal nur zwei Stoffe auf einmal mit einander. Alle einfachen Stoffe, alle binären Verbindungen derselben, alle Verbindungen zweier binären Verbindungen (die man jetzt in der Chemie durchweg Salze nennt), alle weiteren Verbindungen dieser letztern unter sich (die man Doppelsalze zu nennen pflegt) oder mit binären u. s. w., — jede einzelne Reihe dieser Stoffe läßt sich im Allgemeinen so ordnen, daß jeder in dieser Ordnung vorangehende Stoff elektro-negativer ist als der nachfolgende, oder, was dasselbe ist, jeder folgende elektro-positiver ist als der vorangehende.

Der Unterschied der polaren Kräfte zwischen einem Stoff, welcher, ich will sagen, etwa im ersten Dritttheil dieser so geordnet gedachten Stoffe gefunden wird, und einem anderen Stoff, welcher zu dem letzten Dritttheil (mehr oder weniger) dieser Stoffe gehört, ist daher entschieden größer, als der Unterschied der polaren Kräfte zwischen je zwei Stoffen der erstern Gruppe, oder zwischen je zwei Stoffen der letztern Gruppe, oder auch zwischen einem Stoff der mittlern Gruppe (des mittlern Dritttheils, mehr oder weniger) — und einem der erstern oder der letztern Gruppe. In der erstern Gruppe sind die Stoffe vorzugsweise elektro-negativ oder, wie die Chemie sagt, „sauer“; in der letztern Gruppe sind die Stoffe vorzugsweise elektro-positiv, oder, nach der Redeweise der Chemie, „basisch“, und die in der Mittelgruppe liegenden Stoffe werden in der Chemie neutrale genannt; diese letzteren sind etwas basisch zu Stoffen der erstern Gruppe (der sauren), aber etwas sauer zu Stoffen der letztern Gruppe (der basischen), welche Redensarten nichts weiter sagen, als was wir schon wissen, nämlich, daß sie bei der gedachten Anordnung, der Gruppe der sauren oder elektro-negativen folgen, der Gruppe der basischen oder elektro-positiven Stoffe aber vorangehen.

Da zwischen einem Stoffe aus der erstern Gruppe (der vorzugsweise sauren) und einem Stoffe der letztern Gruppe (der vorzugsweise basischen), der Unterschied der polaren Kräfte ein größerer ist, so werden sie am geneigtesten sein sich mit einander zu verbinden; nichts desto weniger aber wird auch ein neutraler Stoff sich mit einem sauren, wie mit einem basischen Stoff, — eben so selbst werden zwei saure Stoffe mit einander, und auch zwei basische Stoffe mit einander noch chemisch sich verbinden, so lange nur noch ein Unterschied ihrer polaren Kräfte vorhanden ist. Verbinden sich zwei Stoffe der sauren Gruppe mit einander, so ist bei dieser Verbindung der elektro-negativere Stoff der saure, der elektro-positivere dagegen jetzt der basische. Eben so ist, so oft sich zwei Stoffe aus der vorzugsweise basisch genannten Gruppe, mit einander verbinden, in dieser Verbindung der eine wieder der saure, d. h. der elektro-negativere. — Die Eintheilung sämmtlicher Stoffe in die drei Gruppen, der sauren, der neutralen und der basischen Stoffe, hat also keinen absoluten, logischen Grund; sie ist eine willkührliche, gemacht, um die bei den chemischen Verbindungen eintretenden Ereignisse bequemer übersehen zu können; denn, halten wir das recht fest, jede chemische Verbindung besteht aus einem Bestandtheil, welcher gegen den andern Bestandtheil sauer ist, und der andere ist dann gegen den erstern stets basisch; d. h. mit andern Worten: der erstere ist elektro-negativer als der andere, der andere dagegen weniger elektro-negativ, oder elektro-positiver als der erstere.

Die Consequenzen, d. h. die Folgen aus dieser Ansicht sind in der Chemie von ungemeiner Wichtigkeit. Unter den (edlen und unedlen, aber nicht den Halb-) Metallen ist das Zink das am meisten basische, d. h. das elektro-positivste. Wo also ein edles oder unedles Metall mit einer Säure verbunden vorkommt, da darf man nur Zink zusetzen und die Säure wird sich lieber mit dem Zink verbinden (weil der Unterschied

der polaren Kräfte der Säure und des Zinkes ein größerer ist) und das andere Metall loslassen. So werden also Metalle aus ihren Verbindungen mit Säuren durch Zink ausgeschieden. Dieß nennt man in der Chemie einfache Wahlverwandtschaft, und man sagt: das Zink habe zu der Säure eine größere Verwandtschaft als das ausgeschiedene Metall. — Das Kochsalz ist eine Verbindung aus Chlorgas und dem Natrium-Metall. Die Schwefelsäure ist saurer als das Chlor; gießt man also (mit Wasser) verdünnte Schwefelsäure auf Kochsalz, so entweicht das Chlor als Gas (es wird frei), die Schwefelsäure verbindet sich mit dem Natrium-Metall (welches durch Zutritt von Sauerstoff vorher sich in Natron verwandelt) und man erhält das schwefelsaure Natron (Glaubersalz) *) als neue Verbindung. — Vor 40 Jahren hielt man das Kochsalz noch für eine Verbindung aus Salzsäure und Natron, während die Salzsäure erwiesener Maßen eine Verbindung aus Wasserstoff und Chlor, das Natron dagegen eine Verbindung aus Sauerstoff und dem Natrium-Metall ist. In der That: gießt man auf Natron die gehörige Menge Salzsäure, so entsteht Kochsalz; allein neuere Untersuchungen haben den Vorgang wie folgt erkennen lassen: Wasserstoff und Chlor haben zu einander eine geringe Verwandtschaft; sowie also die Salzsäure (der Chlor-Wasserstoff) mit dem Natron in Verbindung kommt, so will das Chlor lieber zu dem Natrium-Metall, welches basischer ist als der Wasserstoff, und gleichzeitig will der Wasserstoff lieber zu dem Sauerstoff, welcher saurer ist als das Chlor, und so reißen sich Chlor und Wasserstoff von einander los und es verbindet sich der Sauerstoff des Natrons mit dem Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser; das

*) Das Glaubersalz ist eigentlich wiederum eine chemische Verbindung aus gedachtem schwefelsauren Natron, mit Wasser (zu einem festen Körper).

frei gewordene Chlor aber verbindet sich mit dem frei gewordenen Natrium-Metall zu **Kochsalz**; Salzsäure mit Natron giebt also Wasser **und** Kochsalz; das Wasser blieb unbeachtet, und man glaubte bloß Kochsalz zu haben.

Es hat hier das statt gefunden, was man in der Chemie eine **Doppel-Wahlverwandtschaft** nennt. Die Stoffe haben sich in ihren Verbindungen ausgetauscht. — Noch ein Beispiel der **einfachen Wahlverwandtschaften**. Gießt man (mit Wasser) verdünnte Schwefelsäure auf gepulverten Marmor, so verbindet sich die Schwefelsäure (welche eine binäre Verbindung aus Sauerstoff und Schwefel ist) mit der Kalkerde des Marmors zu schwefelsaurer Kalkerde (Anhydrit, Gyps, Alabaster) und seine Kohlensäure wird frei und tritt als Gas heraus. Die Schwefelsäure hat zu der Kalkerde eine größere Anziehung (eine größere Verwandtschaft) als die Kohlensäure; daher wird letztere durch erstere vertrieben. — Man bediente sich dieses Verfahrens, um bei der Bereitung der künstlichen Mineralbrunnen das nöthige kohlensaure Gas (fixe Luft) zu gewinnen. Jetzt nimmt man statt des Marmors lieber eine Steinart, die man Magnesit (Talkspath, Bitterkalk) nennt, und welcher kohlensaure Talkerde ist, weil die schwefelsaure Talkerde (Bittersalz), welche jetzt statt des Gypses entsteht, besser zu verwerthen ist. Die Talkerde (oder Bittererde) aber ist eine (binäre) Verbindung aus Sauerstoff und Magnesium-Metall.

Die Kunst des reinen wie des technischen Chemikers besteht in der genauen Kenntniß der größern oder geringern Verwandtschaft der einzelnen Stoffe zu einander, sowie des Wärmegrades und der übrigen Umstände, unter denen die chemischen Verbindungen bei den verschiedenen Stoffen eintreten, endlich auch in der Kenntniß der Eigenschaften der einzelnen Stoffe selbst, um an ihnen zu erkennen, mit welchem Stoffe er es zu thun habe. Dadurch wird es ihm möglich, solche Stoffe, die

in größerer Menge ihm zu Gebote stehen, zu scheiden, oder mit einander zu vereinigen, um mittelst der Wahlverwandtschaft neue und in der Natur seltener vorkommende oder doch ihm werthvollere Stoffe zu gewinnen, entweder durch bloße Scheidungen, oder durch Scheidungen und neue Verbindungen. — Nie läßt sich nämlich die Summe aller in der Natur vorhandenen Stoffe vermehren oder vermindern, sondern es lassen sich nur die Einen in die Andern umändern.

Auf dieser Ansicht beruhte das frühere Bestreben Gold zu machen (die Alchymie); die neuere Chemie sieht das Gold (wie jedes Metall) als einen einfachen Stoff an, d. h. als einen Stoff, der sich nicht mehr in zwei andere Stoffe zerlegen läßt. Aus andern Stoffen zusammensetzen ließe sich also das Gold demnach nicht. Es könnte aber, leicht zu erwerbende, unscheinbare Stoffe geben, welche chemische Verbindungen sind aus Gold und noch einem oder mehreren andern Stoffen, so daß das Gold durch Scheidung dieser letzteren erhalten werden könnte. Nun hat aber die Chemie alle in einiger Menge vorhandenen Mineralien (Steine, Erden 2c.) bereits untersucht; man kennt ihre Zusammensetzungen und die einfachen Stoffe, aus denen sie bestehen; folglich muß man das „Gold machen" jetzt als eine Unmöglichkeit ansehen. — Ein noch lebender berühmter Chemiker hat jedoch in einer Gesellschaft einmal ausgesprochen: gerade das Gold zeige einige Spuren, daß es kein einfacher Stoff sein möchte.

Aber auch die Irrthümer der Menschen fallen zum Vortheil des Menschengeschlechts aus. Das eigennützige Streben Gold zu machen, hat in Sachsen die Erfindung des Meißner Porzellans zur Folge gehabt; auch fand man eine Anzahl Stoffe, welche als kostbare Färbemittel benützt werden konnten; namentlich aber bildete sich nach und nach eine Chemie als Wissenschaft daraus hervor, welche für die Gewerbe und Künste

sehr viel werthvoller ist als alles Gold der Erde*), wenn man auch das allerwerthvollste, das unschätzbare, gar nicht in Anschlag bringen will, nämlich die dadurch gewonnene tiefere Einsicht in das Schalten und Walten der Natur und der Gottheit in ihr. Auch das Nützlichste muß dem Erhabenen und Erhebenden stets tief untergeordnet bleiben.

Um Ihnen noch eine Uebersicht im Ganzen und Großen zu geben, ohne mich auf zu viele Einzelnheiten einlassen zu müssen, hebe ich noch hervor, daß unter den ungefähr 62 einfachen Stoffen, welche die Chemie zur Zeit annimmt, einige vierzig Metalle (edle, unedle und Halb-Metalle) sind, die übrigen Stoffe, welche nicht den Namen der Metalle tragen, werden auch zuweilen Metalloide genannt. Mehr als 30 dieser Stoffe kommen bis jetzt in so geringen Mengen vor, daß sie nur das Interesse des wissenschaftlichen Chemikers erregen, oder höchstens noch hie und da das des Arztes, in so fern sie zu Arznei-Mitteln verwandt werden können; dem Gewerbtreibenden und Künstler bleiben nur etwa 30 dieser einfachen Stoffe von Werth, in so fern sie zwar selten allein (frei) vorkommen, aber oft in großer Menge in gebundenem Zustand d. h. mit andern Stoffen, besonders häufig mit dem Sauerstoff in Verbindung; wie z. B. das Calcium-Metall im Kalke, das Kalium- und Natrium-Metall in der Pottasche und in der Soda, das Aluminium-Metall in dem Thone und in dem Alaun, das Zink im Galmei oder in der Zinkblende (Schwefelzink), das Eisen im Schwefelkies oder auch im Eisenstein, u. s. w.

*) In den Jahren 1851 und 1852 wurde, auf der ganzen Erde zusammengenommen, am meisten Gold gewonnen. Alles in einem dieser Jahre gewonnene Gold in eine Kugel zusammengeschmolzen, giebt aber nur eine Kugel von etwa 5½ Fuß Durchmesser; und bloß die Milch, die im preußischen Staate allein erzeugt wird, kann mit mehreren solcher goldenen Kugeln noch nicht bezahlt werden.

Ordnen wir einige dieser einfachen Stoffe hinsichtlich ihrer elektro-chemischen Anziehungskraft gegen einander, und so, wie wir oben beschrieben haben, nämlich so, daß die Gruppe der sauren vorangeht und die Gruppe der basischen zuletzt kommt, so nehmen sie ungefähr folgende Ordnung ein, nämlich Sauerstoff (8), Schwefel (16), Stickstoff (14), Fluor, Chlor (36), Brom, Jod, Selen, Phosphor, Arsen, Chrom, Vanadium, Molybdän, Bor, Kohlenstoff (6), Antimon (64½), Silicium (Kiesel) (15), Wasserstoff (1), Gold (66), Platin (48), Quecksilber (101), Silber (108), Kupfer (32), Wismuth (71), Zinn (59), Blei (104), Kadmium (56), Kobalt (29½), Nickel, Eisen (28), Zink (32), Mangan, Aluminium (13½), Magnium (Magnesium)(12), Calcium (20), Strontium, Barium, Natrium (23) und Kalium (39).

Danach ist also der Sauerstoff der sauerste, das Calcium-, Natrium- und Kalium-(Metall) sind dagegen die basischsten unter den einfachen Stoffen. — Jeder dieser Stoffe ist elektro-positiv gegen jeden in obiger Ordnung voranstehenden, elektro-negativ aber gegen jeden in derselben Ordnung nachfolgenden. Natürlich ist dann die Reihe der einfachen Stoffe, etwa vom Wasserstoff ab nach hinten zu, vorzugsweise elektro-positiv (oder basisch) zu nennen.

Die Zahl, welche wir in diesem Verzeichniß den einzelnen Stoffnamen beigesetzt haben, ist die Verhältnißzahl, in welcher (dem Gewichte nach) sich dieser Stoff mit irgend einem andern, einfachen oder zusammengesetzten Stoffe, der wieder seine bestimmte Verhältnißzahl hat, chemisch verbindet; so nämlich, daß beide Stoffe nur in diesem Verhältniß zusammengebracht werden dürfen, wenn jeder durch den andern gesättigt sein soll, d. h. wenn von keinem derselben etwas ungebunden (frei) übrig bleiben soll. Diese Zahl heißt das Mischungsgewicht (Mischgew., Mg.), auch der chemische Werth dieses Stof-

fes. — Auch wird von den Chemikern häufig statt des Wortes „Mischungsgewicht" das Wort „Atom" gebraucht.

Man sagt z. B.: die Kohlensäure enthalte 2 Atome Sauerstoff und 1 Atom Kohlenstoff; d. h. 2mal 8 Pfund Sauerstoff und 1 mal 6 Pfund Kohlenstoff sättigen sich gegenseitig und geben 22 Pfund Kohlensäure. — Auch die Mischungsgewichte der einzelnen Stoffe scheinen eine nothwendige Folge der in den einzelnen Stoffen verschieden vorhandenen polaren Kräfte zu sein.

Erfahrungsmäßig steht aber folgendes fest, nämlich:

Das Mischungsgewicht eines jeden zusammengesetzten Stoffes ist stets die Summe der Mischungsgewichte seiner beiden Bestandtheile, mögen letztere einfache, oder selbst wieder beliebig zusammengesetzte sein.

So ist das Mischungsgewicht des Wassers 9; die Mischungsgewichte seiner beiden Bestandtheile, des Sauerstoffs und Wasserstoffs aber bezüglich 8 und 1. — Verbindet sich Sauerstoff mit dem Kohlenstoff in dem Verhältniß von 1 mal 8 Pfund und 1 mal 6 Pfund, so erhält man das Kohlenoxydgas*), dessen Mischungsgewicht 14 ist; dieser Stoff verbindet sich nun noch einmal mit dem Sauerstoff, aber es gehören die vollen 14 Pfund dieses Kohlenoxydgases dazu, wenn abermals 8 Pfund Sauerstoff völlig gesättigt sein sollen; der neue Stoff ist jetzt das kohlensaure Gas (die Kohlensäure, die fixe Luft), welche nicht mehr brennbar ist, d. h. welche nun sich nicht weiter mit dem Sauerstoff chemisch verbindet; ihr Mischungsgewicht ist aber 22, ganz dem obigen Gesetze entsprechend. — Diese beiden letztgenannten

---

*) Es brennt mit schöner blauer Flamme; es zeigt sich, so lange Kohlen noch nicht völlig verbrannt sind; und das Einathmen dieses Gases hat schon vielen Menschen den Tod gebracht, wenn sie in geheizten Zimmern weilten oder schliefen, in denen die Klappe der oberen Zugröhre zu früh geschlossen worden war, so daß dieses Gas in's Zimmer trat.

Stoffe, nämlich das Kohlen-Oxydgas und die Kohlensäure, verbinden sich nun wieder mit einander, in dem Verhältniß wie 1 Atom zu 1 Atom, d. h. 1 Mg. (14 Pfund) Kohlenoxydgas und 1 Mg. (22 Pfund) Kohlensäure, geben den neuen Stoff, welcher Sauerklee- oder Oxal-Säure genannt wird und dessen Mischungsgewicht 36 (14 und 22) ist; d. h. 36 Pfund Oxalsäure sind nöthig, um die durch das Mischungsgewicht eines anderen Stoffes gegebene Zahl von Pfunden dieses anderen Stoffes, vollkommen zu sättigen und auch von letzterem vollkommen gesättigt zu werden, so daß von beiden Stoffen nichts unverbunden (frei, überschüssig) bleibt. Die Oxalsäure besteht also aus 3 Atomen Sauerstoff und 2 Atomen Kohlenstoff.

Das Mischungsgewicht des Calcium-Metalls ist 20, des Sauerstoffs 8; die chemische Verbindung beider, nämlich der Kalkerde ist 28. Es gehören aber auch 28 Pfund (frisch gebrannten) Kalkes und 22 Pfund Kohlensäure dazu, wenn beide sich vollkommen sättigen sollen, so daß weder überschüssige Kalkerde, noch überschüssige Säure vorhanden ist. Die Mischung ist nun kohlensaurer Kalk (wie er im Marmor, in der Kreide und im Kalkstein vorkommt) und sein Mischungsgewicht ist wiederum die Summe von 28 und 22 nämlich 50; d. h. es gehören 50 Pfund dieses kohlensauren Kalkes dazu, um so viele Pfunde eines anderen Stoffes zu sättigen, als das Mischungsgewicht dieses anderen Stoffes angiebt, und um auch von letzterem völlig gesättigt zu werden.

Eine der wichtigsten Rollen im Haushalte der Natur spielt der Sauerstoff, theils seiner großen Menge wegen *), — theils weil er in der atmosphärischen Luft in so großer Menge un-

*) Man schätzt die Menge des Sauerstoffs auf ein Dritttheil der Mengen aller übrigen einfachen Stoffe zusammen, — wenigstens so weit wir in die Tiefen der Erde bis jetzt eingedrungen sind.

gebunden vorkommt, — theils weil er dann gasförmig ist, endlich aber — weil er der elektro-negativste ist. Aus letzterem Grunde ist er stets bereit mit fast allen übrigen Stoffen, theils unmittelbar, theils mittelbar, sich chemisch zu verbinden, mit den elektro-positivsten Stoffen am leichtesten. — Vermöge seiner Gasförmigkeit dringt er leicht überall hin, und als freier Bestandtheil der Luft wird er auch überall hin geweht. Die Metalle laufen an (rosten), Pflanzen- und Thierreste verfaulen, verwesen, d. h. gehen mit dem Sauerstoff Verbindungen ein, und es zersetzen sich dadurch diese Stoffe; es entwickeln sich aus den zersetzten Stoffen Gase, wie Ammoniakgas, Schwefelwasserstoffgas u. dgl., welche die übelsten Gerüche verbreiten; mit einem Worte, der Sauerstoff der Luft verdirbt die Speisen und Getränke, wie fast alles dem Menschen wichtige oder werthe, todte Material, — sei es Holz, Metall, oder ein anderer Stoff, d. h. er ändert diese Stoffe in andere um, die wir nicht so gern sehen. Kann man daher von Speisen (Fleisch, Gemüsen) oder Getränken, den Zutritt der Luft gänzlich ausschließen, so bleiben sie stets das, was sie sind und als solche brauchbar. Deshalb übergießt man Töpfe voll Pflaumenmuß oder Aehnlichem, mit Fett oder Wachs; bewahrt Eingemachtes in Blechbüchsen auf, aus denen alle Luft ausgetrieben ist und die dann luftdicht verlöthet werden. Auf ähnliche Weise bewahrt man Fleisch und Gemüse für lange Schiffsreisen auf. Alles was man in dem Zustande bewahren will, in welchem es sich befindet, muß von jedem Theil an atmosphärischer Luft befreit und dann luftdicht verschlossen werden.

Was aber der Sauerstoff allein nicht zu leisten vermag, das thut er häufig in Verbindung mit dem Kohlenstoff als Kohlensäure. Sie war in der Atmosphäre früher, ehe noch Thiere, namentlich luftathmende Thiere leben konnten, offenbar in viel größerer Menge enthalten, als heut zu Tage. Heute wird der Sauerstoff der Luft von den Menschen und Thieren eingeathmet, und — kohlensaures Gas wird dafür wieder ausgeathmet;

durch diesen fortwährenden, in den Lungen unterhaltenen chemischen Prozeß wird die thierische Wärme erzeugt und erhalten *) und gleichzeitig der, mittelst der Nahrungsmittel aufgenommene und überschüssige Kohlenstoff wieder entfernt. Das Leben der Menschen und der Thiere ist daher eigentlich ein andauerndes langsames dunkles Verbrennen, wobei stets Kohlensäure erzeugt wird. — Ebenso wird bei dem Verbrennen aller Pflanzen (des Holzes, der Kohle) stets kohlensaures Gas erzeugt, eben weil das Verbrennen (hier) eine Mischung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der Pflanzen ist; wir benützen die durch diesen chemischen Prozeß erzeugte Wärme zum Heitzen, zum Kochen und Braten und zu den mannigfaltigsten technischen Zwecken; die Kohlensäure aber als Gas, verbreitet sich in der Luft. Sie macht ungefähr $\frac{1}{1000}$ Theil der ganzen Luftmasse aus, und hilft nun dem Sauerstoff getreulich in seinem Zerstörungswerk, d. h. in der Umänderung der Stoffe, auf welche sie im Verein mit einander, überall stoßen. Denn wo der Sauerstoff Bedenken trägt, sich direkt mit dem Vorhandenen zu verbinden, da thut es das kohlensaure Gas, und selbiges bereitet oft dadurch dem Sauerstoff erst die Gelegenheit, auch seinerseits thätig eingreifen zu können.

Und zuletzt hilft noch das Wasser die Stoffe zu verändern, welches theils mechanisch wirkt, theils das durch die Kohlensäure auflöslich gewordene auflöst, theils sich auch zersetzt, so daß sein Wasserstoff ebenfalls noch thätig eingreifen kann. So sehen wir große harte Felsenmassen, die zu Tage liegen, also dem Zutritt der Luft ausgesetzt sind (durch Regen und Frost) sich zerspalten, dadurch der Luft mehr Oberfläche bieten; und so zerfallen sie nach und nach (nach Jahrzehenden, Jahrhunderten oder Jahrtausenden) in die kleinsten Theile (in Sand und Erde); manche

*) Das Blut im Menschen hat fortwährend ungefähr 32° Wärme, während die eingeathmete Luft von 28° Kälte bis zu 28° Wärme jede Temperatur hat.

der Gemengtheile des Felsens sind chemisch unverändert geblieben, andere aber haben sich durch Aufnahme der Kohlensäure, des Sauerstoffs ꝛc. chemisch umgeändert und dadurch eben das Zerfallen des Ganzen bewirkt. — Andere Stoffe werden aber wieder an der Luft härter und fester und zwar nicht immer bloß wegen der Verdunstung der wässerigen Theile, sondern auch häufig wegen der chemischen Umänderung, welche sie durch die Kohlensäure und den Sauerstoff in der Luft, erfahren. Die Aenderungen der erstern Art, welche Stoffe in der Luft erleiden, nennt man das „Verwittern" derselben, und wir wissen, daß nahehin alles verwittert, was der Luft, dem Regen (und dem Schnee) ausgesetzt ist.

Um sich von der vorhandenen Menge des Sauerstoffs eine klarere Anschauung zu machen, mag man bedenken, daß er 23 Prozent der atmosphärischen Luft ausmacht; § oder 89 Prozent alles Wassers; 52 Prozent aller Kieselerde (welche Sauerstoff-Silicium ist), 46 Prozent aller Thonerde (welche Sauerstoff-Aluminium ist); 38 Prozent der Talkerde (Sauerstoff-Magnium); 28 Prozent der Kalkerde; 24 Prozent des Natrons (noch mehr Prozent der Soda d. h. des kohlensauren Natrons); 16 Prozent des Kali (noch mehr Prozent des kohlensauren Kali d. h. der Pottasche); 74 Prozent der Salpetersäure; 60 Prozent der Schwefelsäure u. s. f.; während diese Säuren alle wieder in so mannigfachen andern Verbindungen vorkommen, z. B. die Schwefelsäure im Alaun, in den verschiedenen Vitriolen, im Anhydrit, Gyps und Alabaster, u. dgl. mehr.

Unter den binären (d. h. unter den bloß aus zwei einfachen Stoffen bestehenden) Verbindungen, spielt, was die auf der Erde vorhandene Menge betrifft, das Sauerstoff-Silicium, d. h. die Kieselerde, die bei weitem größte Rolle. Sie wird auch Kieselsäure genannt, weil sie sich in die Gruppe der „sauren" binären Verbindungen einreiht. Sie kommt in geringeren Mengen krystallisirt vor, unter dem Namen des Berg-

krystalls, des Chalcedons, des Jaspis u. s. w. (welche zu den Edelsteinen gerechnet werden); mehr kommt sie vor als Feuerstein und Hornstein; noch mehr, ja ganze Felsmassen als Quarz; am meisten aber und in ungeheuren Mengen als Sand.

Die vielen Sandsteinfelsen aller Art, von dem ältesten und härtesten (der Grauwacke) an bis zu den jüngsten und weichsten (z. B. der sogenannten Molasse in der Schweiz) hin, bestehen nur aus Sand, manchmal ohne alles Bindemittel, manchmal mit Thon oder Kalk mechanisch verbunden. (Die Grauwacke hat meist mehr Thon als Sand). Aber der Thon selbst ist eine chemische Verbindung aus Kieselsäure und Thonerde, also ein Salz, während die Thonerde Sauerstoff-Aluminium ist, d. h. eine binäre Verbindung aus Sauerstoff und dem Aluminium-Metall. — Der größte Theil der gesammten Erdrinde, bis in die tiefsten Tiefen hinein, so weit wir bis jetzt gedrungen sind, besteht außerdem noch in Silikaten, d. h. in kieselsauren Verbindungen, theils Salzen, theils und meistens Doppelsalzen, zuweilen noch Verbindungen aus solchen Doppelsalzen mit binären Verbindungen oder mit Salzen. Dahin gehören die verschiedenen Feldspathe, der Glimmer, die Hornblende, der Augit, der Olivin, der Obsidian, der Bimstein, der Talkschiefer, der Chloritschiefer u. s. w. Diese Stoffe sind gleichartig (homogen) und bilden entweder kleine Krystalle, — oder so kleine Krystalle, daß man sie „Körner" nennt, — oder sie kommen in so kleinen Körnern vor, daß sie ein „erdig" genanntes Aussehen haben. Ein und derselbe Stoff kommt aber gewöhnlich in allen drei Formen vor und hängt dieß davon ab, daß der Uebergang vom flüssigen Zustand zum festen, wobei sich die Krystalle bilden, entweder sehr langsam von Statten gieng (so daß die Krystalle größer zu werden genug Zeit hatten), oder schneller, oder noch schneller. Bei einem noch schnelleren und dem schnellsten Uebergang vom flüssigen Zustand zum festen,

nehmen diese Stoffe meist ein glasiges Aussehen an; sie sind gestaltlos (amorph). Nach Versuchen von Fleurian de Beauville und James Hall, in französischen und englischen Glashütten und Hochöfen angestellt, wird jede Lava, jede Schlacke glasartig (amorph, gestaltlos), wenn sie schnell abkühlt, dagegen nimmt sie die Form der Steine an, d. h. sie wird (fein- oder grob-)körnig, oder es entstehen auch größere Krystalle, wenn die Abkühlung langsamer oder sehr langsam von Statten geht. Auf allen Glashütten ist es bekannt, daß die künstliche Glasmasse (die auch ein Silikat ist, nämlich kieselsaures Kali mit etwas kieselsaurem Kalk) nicht mehr durchsichtig, also steinartig wird, wenn sie sehr langsam, im Feuer selber, abkühlt.

Die einzelnen Gebirgsmassen bestehen nun zuweilen aus einem einzigen solchen Salz- oder Doppelsalz, oder aus einer einzigen, noch zusammengesetzteren chemischen (und deshalb gleichartigen) Verbindung, — meist aber aus zwei, drei und mehreren derselben (in „Krystallen" oder „Körnern" oder in noch feineren (erdigen) Theilen mit einander mechanisch verbunden), die einen mehr oder minder festen (harten) Körper bilden. Wir werden von diesen Gebirgsmassen in einer der nächsten Vorlesungen noch Näheres berichten.

Zu den Silikaten gehört auch der Thon, welcher kieselsaure Thonerde ist. Er erscheint in den untersten Schichten der Erde als Grauwacke (mit mehr oder minder Sand noch mechanisch verbunden); in höher gelegenen Schichten als Thonschiefer; erst in noch höheren Schichten als plastischer (Töpfer-) Thon. Bloß der größere Druck der darüber lagernden Schichten hat die Grauwacke, d. h. einen sehr festen Stein gebildet; der Thonschiefer ist schon ein weniger fester Stein, weil er geringeren Druck erfahren hat; der Töpfer-Thon hat, wegen des Mangels eines hinreichenden Druckes noch gar keine Festigkeit erlangt. — Der Lehm ist ein mit Sand und gewöhnlich mit

Eisenoxyd verunreinigter Thon. Schwefelsaurer Thon heißt Alaun; und wenn er noch mit schwefelsaurem Kali, oder mit schwefelsaurem Natron in Verbindung getreten ist, so heißt er Kali-Alaun oder Natron-Alaun. Der Thon kommt auch mit (kohlensauren) Kalkkörnern mechanisch verbunden vor als Mergel; häufig enthält der letztere auch noch, bald mehr bald weniger, Sand, und ist, wenn er mehr Sand enthält, natürlich zum Verbessern der Sandfelder nicht mehr so beliebt. Auch der Mergel in den unteren Schichten der Erde ist zu Stein geworden (Steinmergel); in den oberen Schichten der Erde hat er keinen so großen Druck erfahren, daß er zu einem festen Steine sich hätte gestalten können.

Die Thon-Erde dagegen, welche, künstlich hergestellt, als ein weißes Pulver erscheint, ist bloß eine binäre Verbindung (Sauerstoff-Aluminium), und kommt in dem Erdkörper frei in geringen Mengen krystallisirt vor, unter dem Namen des Saphir's, des Rubin's und des Korund; diese Steine gehören zu den Edelsteinen. — Alle Silikate schmelzen bald früher, bald später; die schwerflüssigsten erfordern aber etwa 1600° R., also nicht viel mehr Hitze als das Eisen.

Nachdem wir der Kieselsäure, als einer Sauerstoffsäure und als einer binären Verbindung, ihr Recht haben angedeihen lassen, betrachten wir unter den Sauerstoffsäuren, d. h. unter den sauren binären Verbindungen aus Sauerstoff und einem zweiten Stoffe (der gegen den Sauerstoff stets als eine Base erscheint), noch einmal die Kohlensäure. Sie kommt ebenfalls in ziemlicher Menge vor; sie ist frei in der atmosphärischen Luft, senkt sich aber vermöge ihrer größeren specifischen Schwere stets nach unten. Sie wird aus den Kratern der feuerspeienden Berge zugleich mit dem Rauch, der aus vielen derselben ununterbrochen aufsteigt, ausgetrieben; sie entsteigt aus vielen Mineralquellen, auch aus dem Boden, vorzüglich in der Nähe solcher Quellen; sie

tritt mit anderen Gasen und Dämpfen aus den Rissen heraus, welche Erdbeben in dem Bereiche ihres Wirkens im Erdboden hervorbringen; sie erzeugt sich bei jeder Gährung; sie bildet aber auch mit Kalk und Talk und anderen Basen chemisch verbunden, massenhafte Gebirge, die Kalkstein- und Talkspath-Lager, die Dolomit-Gebirge, in so ferne der Dolomit eine innige Vermengung der kohlensauren Talkerde mit kohlensaurer Kalkerde ist; u. s. w. Die, Tausende von Meilen langen Korallenfelsen, die sich im Meere in einiger Entfernung von den Ufern hinziehen, auch mitten im Meere Tausende von kranzförmigen Inseln bilden, endlich auch auf dem jetzigen Festlande (z. B. im Thüringer Walde) in Massen gefunden werden (als auf früherem Meeresgrunde fußend, der aus dem Meere herausgetreten oder von welchem das Meerwasser abgeflossen ist), sind, obgleich die Gehäuse der Korallenthiere, kohlensaurer Kalk. Dasselbe gilt von den Kreidemassen, welche in Gebirgsform Tausende von Quadratmeilen bedecken und ebenfalls nur Thierschalen sind. — Der sogenannte Plöner Kalk ist von der Kreide nur durch größere Festigkeit verschieden, wie wenn ein größerer Druck auf die Kreide gewirkt hätte. Er liegt auch immer tiefer als die Kreide.

Der kohlensaure Kalk findet sich krystallisirt als Kalksinter (der in Italien unter dem Namen Travertin als Baustein benützt wird) und als Kalktuff, welcher mehr porös ist. Auch die in so vielen von Kalkstein gebildeten Höhlen, von im Wasser aufgelösten doppelt kohlensauren Kalk, durch Verdunsten des Wassers gebildeten Tropfsteine, bestehen aus concentrisch krystallisirten einfach kohlensauren Kalk (der im Wasser nicht mehr löslich ist *). Der sogenannte körnige Kalkstein (auch Urkalk,

*) Der im Wasser aufgelöste doppelt kohlensaure Kalk ist eigentlich eine chemische Verbindung aus (einfach) kohlensaurem Kalk und kohlensau-

Marmor ꝛc. genannt) ist ebenfalls noch krystallinisch; dagegen sind in dem derben Kalkstein Krystalle nicht mehr wahrzunehmen; eben so wenig in den geschichteten Kalksteinlagern, welche letztere dadurch sich gebildet haben, daß Kalkstaub (als Schlamm) massenhaft in das Meer gespült worden ist. Der derbe Kalkstein muß in kohlensaurem Wasser des Meeres aufgelöst gewesen sein und sich aus selbigem durch chemische Zersetzung eben so niedergeschlagen haben, wie heute noch das sogenannte harte Brunnenwasser, wenn die Kohlensäure des Wassers (etwa durch Kochen) vertrieben wird, den kohlensauren Kalk als Bodensatz fallen läßt oder auch als sogenannten Pfannenstein absetzt.

Die, zu den Säuren gehörige binäre Verbindung und die stärkste Sauerstoffsäure, nämlich die Schwefelsäure, kommt zu Salzen und Doppelsalzen verbunden vor, im Gyps, welcher schwefelsaure Kalkerde ist (und welcher, krystallisirt, Alabaster genannt wird und, wenn er wasserfrei ist, Anhydrit heißt), — ferner in den verschiedenen sogenannten Vitriolen (Eisenvitriol, Kupfervitriol u. s. w.), in den verschiedenen Alaunen ꝛc. ꝛc.; welche Salze und Doppelsalze alle im Wasser löslich sind und sich daher auch aus dem Meerwasser niedergeschlagen haben können, mittelst chemischer Zersetzung, oder auch durch Verdunstung des Wassers. Auch enthält das Meerwasser heute noch neben kohlensauren, viele schwefelsaure Verbindungen, z. B. Vitriole, Bittersalz (schwefelsaure Talkerde), Glaubersalz (schwefelsaures Natron) und schwefelsaures Kali aufgelöst (sowie noch Chlor-Natrium, d. h. Kochsalz und andere Chlorverbindungen, auch Jodverbindungen); weshalb es bis jetzt nicht gelungen ist, aus dem Meerwasser Trinkwasser zu bereiten, und das Meerwasser auch nicht zum Kochen der Speisen

---

rem Wasser. — Genau genommen kann man also eigentlich nicht von doppelt kohlensaurem Kalk sprechen.

verwandt werden kann), ohne der Gesundheit des Menschen nachtheilig zu werden.

Die weiteren Sauerstoffsäuren, als die Arseniksäure, die verschiedenen Chromsäuren, die verschiedenen Salpetersäuren, die verschiedenen Phosphorsäuren, die Chlorsäure (Sauerstoff-Chlor), die Oxalsäure (3 Atome Sauerstoff und 2 Atome Kohlenstoff) treten in ihren Verbindungen (in der Natur) nicht so massenhaft auf, oft nur in sehr geringen Mengen.

Es giebt aber auch Wasserstoffsäuren, d. h. es giebt auch „saure" binäre Verbindungen aus Wasserstoff und einem andern einfachen Stoff, der nicht Sauerstoff ist. Dahin gehören die Salzsäure (Chlor-Wasserstoff), die Flußsäure (Fluor-Wasserstoff), die Schwefel-Wasserstoffsäure (Schwefel-Wasserstoffgas) u. s. w. — Verbinden sich Wasserstoffsäuren mit binären Sauerstoffverbindungen (als Basen), so entstehen meistens keine Salze, sondern der Sauerstoff der Basis verbindet sich mit dem Wasserstoff der Säure zu Wasser, und der andere Grundstoff der Base mit dem andern Grundstoff der Säure zu einer bloß binären (Chlor-, Fluor-, Schwefel- ꝛc.) Verbindung, wie ich früher bei'm Kochsalz beschrieben habe.

Dann giebt es binäre Verbindungen, welche Säuren sind, in denen aber der Schwefel der saure Grundstoff ist.

Salze, welche aus Sauerstoffsäuren gebildet sind, nennt man Sauerstoffsalze; die Wasserstoffsalze werden auch Haloidsalze genannt; Schwefelsalze endlich werden diejenigen genannt, in denen der Schwefel der saure Grundstoff der zur Verbindung verwandten Säure ist, also in der Säure die Stelle des Sauerstoffs oder des Wasserstoffs vertritt.

Unter den binären Verbindungen, welche Basen sind, werden die Sauerstoff-Verbindungen auch Oxyde, auch Suboxyde oder Oxydule und Ueberoxyde (Super- oder Hyper-Oxyde) genannt, je nachdem sie weniger oder mehr Sauerstoff enthalten, als die Oxyde. Das oben (helles oder

dunkles) „Verbrennen“ genannte Verbinden des Sauerstoffs mit dem andern Stoff, heißt hier auch das „Oxydiren“ des letzteren; bei den Metallen wurde es in der ältern Chemie auch das „Verkalken“ derselben genannt, und was jetzt Metalloxyd heißt, hieß damals „Metallkalk.“ — Das reine Metall hieß Metallkönig. — Das reine Metall aus den Oxyden (oder andern Verbindungen) herstellen, heißt das Reduciren der Metalle.

Wie wir oben bereits gesehen haben, ist der Sauerstoff unter allen einfachen Stoffen der sauerste. Man kann sich daher nicht wundern, daß, wo der Sauerstoff mit irgend einem anderen (einfachen) Stoff in Verbindung tritt, er in der Regel mehrere Verbindungen eingeht, mit bezüglich 1, 2, 3, 4, 5 ꝛc. Mg. Sauerstoff zu 1 Mg. des anderen Stoffes in so ferne jede früher erhaltene Verbindung noch immer basisch ist gegen den Sauerstoff. — Dabei entstehen entweder lauter (verschiedene) Säuren (wie in dessen Verbindungen mit Schwefel), oder, wenn auch zuerst Oxyde, doch dann die Säuren, sobald noch mehr Sauerstoff hinzutritt.

Und wo Stoffe mit Sauerstoff in Verbindung nur Oxyde geben, — wie dieß bei den meisten Metallen der Fall ist, — obgleich man auch nur Arseniksäuren hat und nur eine (Silicium-) Kiesel-Säure, und kein Arsenik-, auch kein Kiesel-Oxyd, — da nimmt doch das Oxyd einen desto saueren Charakter an, je mehr Sauerstoff es enthält, so daß häufig Oxyde mit Oxydulen derselben Stoffe sich selber wieder chemisch verbinden, wo dann das Oxyd die Stelle der Säure vertritt, das Oxydul aber die Basis bleibt.

Folgende Beispiele mögen dieß erläutern: Der Schwefel giebt mit dem Sauerstoff nur Säuren: 1) die schwefelige Säure, ein Gas aus 2 Mg. (16 Pfund) Sauerstoff und 1 Mg. (16 Pfund) Schwefel, dessen Mischgsgew. 32 ist; 2) die Schwefelsäure, 3 Atome Sauerstoff und 1 Atom Schwefel,

so daß ihr Mischgsgw. 40 ist; 3) eine chemische Verbindung der schwefeligen Säure mit Schwefel, die unterschwefelige Säure, deren Mischgsgew. 48 ist, nämlich 1 Atom schwefelige Säure (32 Pfund) mit 1 Atom Schwefel (16 Pfund), so daß sie 2 Atome Sauerstoff und 2 Atome Schwefel hat.

Ein Mg. (Mischungsgewicht) Sauerstoff mit 2 Mg. Quecksilber giebt das (schwarze) Quecksilber-Oxydul (Suboxyd, Unteroxyd); 1 Mg. Sauerstoff mit 1 Mg. Quecksilber giebt das (rothe) Quecksilber-Oxyd.

Der Kohlenstoff giebt mit dem Sauerstoff ein Oxyd (das Kohlenoxydgas, 1 Mg. Kohlenstoff mit 1 Mg. Sauerstoff) und auch eine Säure (die Kohlensäure, 1 Mg. Kohlenstoff mit 2 Mg. Sauerstoff); endlich die Oxal-(Sauerklee)säure, welche aus 3 Atomen Sauerstoff und 2 Atomen Kohlenstoff besteht, und eine chemische Verbindung aus den beiden vorbenannten Stoffen ist, wie aus ihrem Mischungsgewicht (36) hervorgeht.

Ein Mischungsgew. Mangan-Metall verbindet sich mit 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3 und $3\frac{1}{2}$ Mg. Sauerstoff zu Mangan-Oxydul, Mangan-Oxyd, Mangan-Superoxyd (Braunstein), Mangansäure und Uebermangansäure, — und das Manganoxyd wird als eine chemische Verbindung aus Mangan-Superoxyd mit Mangan-Oxydul angesehen, mithin nicht als eine binäre Verbindung, sondern als ein Salz, weil sein Mg. (80) der Summe der Mg. (36 und 44) der beiden erstgenannten Stoffe gleich ist. — Es giebt auch Mangan-Oxyd-Oxydul, welches aus 4 Mg. Sauerstoff und 3 Mg. Mangan besteht. Die Uebermangansäure hat, genau genommen, 7 Mg. Sauerstoff und 2 Mg. Mangan, so daß ihr Mg. 112 ist.

Aehnliches liefert das Chrom-Metall, dessen Sauerstoff-Verbindungen sich alle durch ausnehmend schöne Farben auszeichnen.

Nach dem Sauerstoff ist der Schwefel der sauerste einfache Stoff; daher verbinden sich auch von ihm nicht bloß 1, sondern

auch 2, 3, 4, selbst 5 Mg. mit 1 Mg. eines weniger sauren Stoffes, besonders eines Metalls. Es giebt einfach und doppelt Schwefeleisen (Schwefelkies heißt das letztere). Es giebt Halbschwefelkupfer (8 Pfund Schwefel mit 64 Pfund Kupfer) d. h. 1 Mg. Schwefel mit 2 Mg. Kupfer. Es giebt anderthalb und drittehalb Schwefel-Antimon und wiederum eine Verbindung beider, welche letztere aus 4 Mg. (64 Pfund) Schwefel und 2 Mg. (128 Pfund) Antimon besteht. Es giebt auch anderthalb, drittehalb und zweifaches Schwefel-Arsen *) u. dgl. m.

Da nur die binären Sauerstoff-Basen Oxyde genannt werden, so giebt es auch binäre Basen, die nicht Oxyde sind; eine solche ist das dritte der drei sogenannten Alkalien, nämlich das Ammoniak, eine Verbindung aus Stickstoff und Wasserstoff. Alle drei Alkalien, das Kali und das Natron, welche beide Oxyde sind (Sauerstoff-Kalium und Sauerstoff-Natrium), wie das Ammoniak, sind sehr starke Basen und sämmtlich in Wasser auflöslich, weshalb solche Steinmassen, welche Alkalien enthalten, sehr leicht verwittern. — Das Ammoniak ist übrigens ein Gas. — In Wasser aufgelöst wird es Ammoniak- auch Salmiak-Geist genannt. — Rothe, von Säuren, besonders von Obstsäuren, auf schwarzen (besonders Seiden-) Zeugen hervorgebrachte Flecken verschwinden sogleich, wenn man sie mit solchem Ammoniakgeist betupft und dann mit Wasser abwäscht; eben weil sich dieß Alkali mit der Säure zu einem in Wasser löslichen Salze verbindet.

Zur Unterscheidung der Säuren und Basen hat der Chemiker einige Hauptkennzeichen. — Was das Lackmuspapier roth färbt ist eine Säure; was das rothe Lackmuspapier wieder blau färbt, ist eine Base. — Was das Curcumapapier braunroth färbt ist eine Base; was das braunrothe Curcumapapier wieder hellgelb macht, ist eine Säure. — Was Kali sättigt ist eine Säure; was aber

*) Der weiße Arsenik ist Sauerstoff-Arsen, Arsensäure.

Schwefelsäure sättigt, ist eine Basis (Base) *). — Um aus einem Salze die Säure desselben frei zu machen, wendet man am häufigsten die Schwefelsäure an; die Basis des Salzes verbindet sich lieber mit der letztern und läßt deshalb die erstere (nämlich die des Salzes) los. — Um aber aus einem Salze die Basis auszuscheiden, kann man meist solches durch Kali bewirken, sehr häufig aber auch durch Kalkerde, die ebenfalls eine starke Basis ist, und dazu die Wohlfeilheit für sich hat; Kalkerde, (d. h. frisch gebrannter Kalk) wird sogar angewendet, um das Kali aus der Pottasche, und das Natron aus der Soda auszuscheiden. Die Kalkerde verbindet sich lieber mit der Kohlensäure der Pottasche oder der Soda, und das Kali oder das Natron wird frei.

Für die Hausfrauen, welche Seife kochen, ist es vielleicht interessant, zu erfahren, daß jede Seife nichts weiter ist, als eine chemische Verbindung aus irgend einem Fett oder Oel, mit Kali oder Natron. Die Kali-Seifen werden nicht fest; will man also nicht Schmierseife, sondern eine feste haben, so muß man Natron statt des Kali nehmen; da nun die Soda kohlensaures Natron ist, so kann man Soda nehmen, die aber nun von ihrer Kohlensäure befreit werden muß; dieß letztere bewirkt der (frisch gebrannte) Kalk, welcher zu der Kohlensäure eine größere Verwandtschaft hat, als das Natron. Läßt man also eine starke

*) Das heftige Bestreben der Säuren, sich mit andern, besonders mit nicht sauren Stoffen zu verbinden, ist die Ursache, daß sie auf so viele Stoffe zerstörend einwirken, auch den Geschmacksnerven das Gefühl eindrücken, das wir eben *sauer* nennen. — Das eben so heftige Bestreben der starken Basen, sich mit anderen, besonders nicht basischen Stoffen zu verbinden, muß auf viele Stoffe ebenfalls zerstörend einwirken; den Geschmacksnerven aber machen sie das Gefühl des *scharfen, laugigen*; denn die Lauge aus der Asche des harten, besonders des Buchenholzes, ist nichts weiter als eine Kali-Auflösung, folglich die Auflösung einer starken Basis.

Sodaauflösung (in Wasser; so viel Soda als das Wasser nur immer aufzulösen vermag, also eine gesättigte Sodaauflösung) über frisch gebrannten Kalk ablaufen, so läuft eine Natronauflösung ab, weil die Kohlensäure der Soda sich mit dem Kalke zu kohlensaurem Kalk verbindet, der im Wasser unauflöslich ist. Diese Natronauflösung wird dann mit dem Fett oder Oel zusammengekocht, und, — wenn die Mischungsgewichte gehörig beobachtet worden sind, — die feste Seife ist fertig. Hat sie einen Ueberschuß an Fett, so taugt sie nichts; eher kann sie einen kleinen Ueberschuß an Natron haben, weil der Schmutz in der Regel fettiger Natur ist.

Will man nicht Soda nehmen, sondern lieber starke Lauge aus Buchenasche, welche eine Auflösung von kohlensaurem Kali ist, so muß man erstlich wiederum Kalk nehmen, wie vorher, um die Kohlensäure zu entfernen, aber auch noch eine hinreichend große Menge von Kochsalz (Chlor-Natrium); das Chlor verbindet sich dann mit dem Kalium der Lauge zu Chlor-Kalium, welches im Wasser aufgelöst bleibt; und das Natrium des Kochsalzes verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kali der Lauge, zu Natron und letzteres dann mit dem Fett oder Oel zu Seife; so daß man doch wieder Natronseife hat, wie vorher, als man Soda nahm. — Läßt man aber bei dem letzteren Verfahren das Kochsalz weg, oder nimmt man bei dem ersteren Verfahren, statt der Soda lieber Pottasche (kohlensaures Kali), so erhält man jedesmal Kali-Seife, d. h. breiartige, welche gewöhnlich Schmierseife genannt wird. — Nimmt man zu wenig Kalkerde, so bleibt ein Theil kohlensaures Natron oder kohlensaures Kali unzersetzt und geht für die Seifebereitung verloren; — nimmt man aber zu viel Kalkerde, so löst sich die frei bleibende Kalkerde, die sich nicht in kohlensauren Kalk (welcher im Wasser unauflöslich ist) verwandelt hat, in dem überschüssigen Wasser auf; die Auflösung ist nun nicht mehr eine reine Natron- oder reine Kaliauflösung, und die Seife entspricht

nun abermals nicht den Bedingungen einer guten Seife. — Will beim Kochen einer Seife aus Buchen-Aschen-Lauge die Seife nicht fest werden, so darf man nur noch mehr Kochsalz zusetzen, denn man hatte dann zu wenig davon genommen.

Eine Kenntniß der verschiedenen Verwandtschaftsgrade der sauren Salze und der basischen Salze zu einander, wird ganz auf analoge Weise benützt, um aus einem Doppelsalze, mittelst eines anderen sauren Salzes, das saure einfache Salz des Doppelsalzes auszuscheiden, oder um mittelst eines anderen basischen Salzes das basische einfache Salz des Doppelsalzes frei zu machen.

Sowohl bei dem Mischen der Stoffe, wie auch bei dem Ausscheiden ist die genaue Kenntniß der Mischungsgewichte eine wichtige Sache. Man braucht aber nur die Mischungsgewichte der einfachen Stoffe zu kennen, weil das Mischungsgewicht eines jeden zusammengesetzten Stoffes stets die Summe der Mischungsgewichte seiner Bestandtheile ist.

Will man Kadmium, Blei, Silber, Antimon, Zinn, u. s. w. aus ihren Verbindungen mit dem Sauerstoff, Schwefel, Chlor u. s. w. ausscheiden, so kann man jedesmal vorher genau, und zwar mittelst einfacher Regel de tri, berechnen, wie viel von dem auszuscheidenden Metall, z. B. in 100 Pfund der Verbindung, enthalten ist, vermöge der bekannten Verhältnißzahlen der Bestandtheile. Soll nun die Ausscheidung mittelst Zink geschehen, das mehr basisch ist, als die genannten Metalle, so weiß man, daß dieselbe Menge Säure, welche mit 56 Pfund Kadmium, 104 Pfund Blei, 108 Pfund Silber, 64 Pfund Antimon gesättigt ist, auch durch 32 Pfund Zink gesättigt werden kann. Danach berechnet man wieder nach der Regel de tri die Pfunde Zink, welche man zusetzen muß, um den vorher berechneten Antheil des auszuscheidenden Metalls ganz und vollständig ausgeschieden zu haben. — Gesetzt, man hätte 100 Pfund Schwefel-Silber (welches schwarz ist), so kennt man sein Mg. 124 (weil 16 das Mg. des Schwefels und 108 das Mg. des

Silbers ist). Da also 124 Pfund Schwefelsilber, gerade 108 Pfund Silber enthalten, so kommen auf 100 Pfund Schwefelsilber nothwendig 87 Pfund Silber (etwas weniges darüber). Da man nun zum Ausscheiden von 108 Pfund Silber nur 32 Pfund Zink braucht, so kommen auf die 87 auszuscheidende Pfunde Silber (nach der Regel de tri) nur etwa 25⅞ Pfund Zink. Man vereinigt also die 100 Pfund Schwefelsilber mit 25⅞ Pfund Zink, und es scheiden sich die 87 Pfund Silber aus, während sich noch 38⅞ Pfund Schwefelzink ergeben.

Dieß nach der Theorie. In der Praxis aber verbinden sich Stoffe nicht mit einander, wenn nicht einer davon wenigstens, im flüssigen Zustande sich befindet, d. h. entweder im aufgelösten oder im geschmolzenen. Die Praxis muß daher stets hierauf, wie noch auf manches andere Rücksicht nehmen.

Zu den *neutralen* binären Verbindungen gehört unter andern namentlich das Wasser; sein Mg. ist 9 (1 Atom Sauerstoff und 1 Atom Wasserstoff). — Es mischt sich mit sehr vielen Stoffen, mit Säuren (wo es dann die Base bildet) und mit Basen (wo es dann als Säure auftritt). Die neuen Stoffe sind flüssig (Auflösungen), oder fest. — Bei Salzen, welche Wasser enthalten, aber im festen (krystallisirten) Zustande sich befinden, sagt man dann, sie hätten Krystallisationswasser, und man betrachtet diese Verbindungen des Wassers mit Salzen, die fest sind, gar nicht als chemische, sondern mehr als mechanische Verbindungen, obwohl, wie mir scheint, mit Unrecht, da sie das Wasser stets nach Mischungsgewichten enthalten, wie dieß die *chemischen* Verbindungen erfordern. Das krystallisirte schwefelsaure Natron (Glaubersalz) hat 10 Mg. Wasser (90 Pfd.) auf 1 Mg. schwefelsaures Natron (71 Pfund); das krystallisirte phosphorsaure Natron hat 12 Mg. Wasser (108 Pfd.) auf 1 Mg. phosphorsaures Natron (67 Pfund). — Das krystallisirte kohlensaure Natron hat 10 Mg. Wasser (90 Pfund) auf 1 Mg. kohlensaures Natron (kalzinirte Soda, 53 Pfund). Das ver-

witterte krystallisirte kohlensaure Natron hat nur noch 1 Mg. Wasser (9 Pfund) auf 1 Mg. kohlensaures Natron (53 Pfund). — Warum sollten also diese Verbindungen mit Wasser nicht chemische sein?

Die festen Verbindungen aus Wasser, welche man für chemische hält, werden Hydrate genannt. So ist der Eisenrost ein Eisenhydrat, d. h. eine chemische Verbindung von Eisenoxydul mit Wasser. So giebt es einen Kalkhydrat, der 1 Mg. Wasser enthält (9 Pfund), zu 1 Mg. Kalk (28 Pfund). — Aetzkalk hat mehr Wasser; — Kalkmilch noch mehr, und Kalkwasser hat ungemein viel mehr Wasser (das 1280fache der Kalkerde, wenn es kochend ist; nur das 650fache, wenn es eiskalt ist; und das 753fache, wenn es 12° R. Wärme hat). Weil aber diese drei letztern Verbindungen des Wassers mit Kalk, nicht feste Körper sind, so werden sie nicht Hydrate, sondern Auflösungen genannt.

Nimmt man 7 Pfund geglühtes schwefelsaures Natron (geglühtes Glaubersalz) mit 9 Pfund Wasser zusammen, so erhält man einen durchsichtigen steinharten Klumpen.

Wenn bei Mischungen ein Knall, eine Explosion erfolgt (bei Schießpulver, Schießbaumwolle, Knallsilber, Knallgold, chlorsaurem Kali, Knallgas, besonders aber Chlorstickstoff), so geschieht dieß entweder dadurch, daß vorhandene Gase plötzlich stark erhitzt und dadurch elastischer werden, einen größeren Raum einzunehmen streben; — meist und vorzüglich aber dadurch, daß feste oder tropfbar flüssige Körper plötzlich in Gase verwandelt werden, die oft den tausendfachen und zweitausendfachen *) Raum einnehmen, und sich diesen mittelst ihrer großen Elastizität (Expansivkraft) zu verschaffen suchen. Schon mancher Chemiker hat durch solche unerwartete Explosionen ein Auge oder sogar das Leben verloren.

---

*) Ungefähr 2000 Maaß Wasserstoff und Sauerstoff in dem richtigen Verhältniß gemischt, geben 1 Maaß Wasser.

Es können aber solche Detonationen (Knalle) aus dem entgegengesetzten Grunde, nämlich deshalb entstehen, weil gasförmige Stoffe sich mit einander zu einem flüssigen (oder festen) Körper verbinden, der einen, einige Tausend mal kleineren Raum einnimmt; es entsteht also an dieser Stelle ein leerer Raum, in welchen nun die umgebende Luft von allen Seiten rings herum, mit der durch die Größe des Luftdrucks bedingten Geschwindigkeit hineinströmt und zusammenstößt. — Das merkwürdigste Beispiel hiervon sind die Gewitter. — Wenn meine früher ausgesprochene Vermuthung richtig wäre, daß nämlich bei dem gegenseitigen Reiben zweier Körper, die in beiden gestörten Elektrizitätszustände nicht bloß dadurch sich zeigen, daß in jedem derselben, wenn sie beide isolirt sind, entgegengesetzte Elektrizitäten auftreten, sondern auch dadurch, daß die beiden verschwundenen Elektrizitäten sich mit einander chemisch zu dem verbunden haben, was wir Wärme nennen, — wenn also die Ansicht richtig wäre, daß die Wärme aus den beiden Elektrizitäten zusammengesetzt ist, — so könnten uns die Thatsachen nur naturgemäß vorkommen, einmal, daß man bei'm Ausströmen des Dampfes aus Dampfkesseln elektrische Erscheinungen wahrnimmt, dann überhaupt, daß da Elektrizität sich zeigt, wo ein Körper nicht bloß aus dem Dampfzustand in den flüssigen, sondern auch aus dem flüssigen Zustand in den festen übergeht; ja daß man dasselbe auch bei dem Uebergang des festen Zustandes in den flüssigen, und des flüssigen in den dampfförmigen wahrnimmt. — Wird also der Wasserdampf in der Luft (in der Regel durch große Hitze) in seine beiden Bestandtheile zersetzt, nämlich in Wasserstoff und Sauerstoff, so entsteht ein Gemenge aus Wasserstoff, Sauerstoff (und Stickstoff), ein sogenanntes Knallgas (die Wetterwolken); der entstehende elektrische Funke zündet dieses an und verwandelt einen großen Theil der Luftmasse in Wasser, welches einen so sehr viel kleineren Raum einnimmt; daher der Knall und sein Wie-

derhall, der uns als **Donner** bekannt ist. Das Entzünden ist der **Blitz**. **Unterhalb** der Wetterwolken (d. h. des Knallgasgemenges) befinden sich in der Regel die (schwereren) Dünste, welche von dem erzeugten und herabfallenden Wasser mit zersetzt werden, wodurch sich die oft so große Masse des Regens während des Blitzens und Donnerns erklärt. Das Gewitter ist also eigentlich ein fortwährend abwechselnder Prozeß des Zersetzens des Wasser**dampfes** und wiederum des **Wasser**bildens, so daß bei dem Zersetzen die Elektrizität sich bildet, welche das Anzünden der durch das Zersetzen gebildeten Knallluft bewirkt und dadurch wieder zur Bildung des Wassers beiträgt. — Das sogenannte **Wetterleuchten**, bei welchem kein Donner gehört wird, mag genau dasselbe sein, nämlich ein Gewitter, aber so entfernt von dem Beobachter, daß er zwar die Blitze noch sieht, aber den Donner nicht mehr hört, da die Schallwellen bei weitem nicht so weit sich fortpflanzen, als die Lichtwellen es thun. — Aus dieser Ansicht der Gewitter erklären sich auch die fast täglichen heftigen Gewitter, welche die Schifffahrer in der heißen Zone kennen zu lernen die Gelegenheit haben, aus der größeren Menge Wasserdampfes, der dort täglich erzeugt und dann zum Theil wieder zersetzt wird.

Der Chemiker muß sich aber bei seinen Arbeiten nicht bloß vor Explosionen hüten, sondern auch davor, daß er durch Entwickelung schädlicher Gase oder Dämpfe, die ihm zuweilen noch ganz unbekannt sein können, nicht vergiftet werde, oder daß er sich nicht durch unvorsichtiges Umgehen mit tödtlichen Stoffen den Tod bereite, was öfter schon geschehen ist. Zu diesen Giften gehört namentlich auch die arsenige Säure (Sauerstoff-Arsen) und die Blausäure, welche entsteht, wenn man zuerst Kohlenstoff und Stickstoff mit einander zu **Cyan** *), dann aber dieses

*) Das schöne Berliner-Blau ist Cyan-Eisen. — Cyan-Eisen-Kalium wird im Handel (obwohl mit Unrecht) **blausaures** Kali genannt

Cyan noch mit Wasserstoff verbindet, so daß sie eine Verbindung aus Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff ist. Sie tödtet schnell in geringer Menge.

Folgende Thatsachen geben über die Veränderungen, welche die Eigenschaften der einfachen Stoffe durch ihre Verbindungen erleiden, klare Belege.

Das Fleisch ist eine Verbindung aus Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, also aus 4 einfachen Stoffen. — Verbindet man drei derselben, ohne den Sauerstoff, so hat man die Blausäure; verbindet man wieder drei derselben, aber dießmal ohne den Wasserstoff, so hat man die Kohlenstickstoffsäure; läßt man endlich den Kohlenstoff weg, so geben die drei übrigen Stoffe, Salpetersäure mit Wasser (Scheidewasser). — Die Salpetersäure mit Kali oder Natron verbunden, giebt dann die beiden Salpeter-Arten, nämlich den gewöhnlichen Salpeter, oder den Chili-Salpeter.

Am Schlusse dieser Vorlesung will ich noch einiges nachtragen.

Freie (ungebundene) Metalle, wenn sie in oder auf der Erde gefunden werden, nennt man gediegene. Im gediegenen Zustand findet man Gold, Platin, Quecksilber, Kupfer, Silber; — selbst Eisen, — häufiger aber findet man die Metalle in ihren Verbindungen.

Das Reduciren der Metalle aus ihren Sauerstoff-Verbindungen geschieht am leichtesten durch Kohle, die sich mit dem Sauerstoff lieber verbindet, und dann als kohlensaures Gas entweicht. — Auch Schwefel wird zuweilen unverbunden gefunden; häufiger wird er aber aus seinen vielen Verbindungen mit Metallen gewonnen. — Phosphor findet man nie frei, weil er sich sofort mit dem Sauerstoff zu phosphoriger Säure und Phosphorsäure verbindet, d. h. verbrennt. — Man kann ihn daher

---

und in großen Massen fabrizirt, weil es zum ächt blau färben der Wollenzeuge benützt wird.

nur aus seinen Verbindungen (den Phosphorsalzen) gewinnen. — Kohlenstoff findet sich als Diamant rein und krystallisirt. Im Graphit (Bleistiftmasse) sind 95 Prozent Kohlenstoff und 5 Prozent Eisen. — In der Holzkohle findet sich der Kohlenstoff mit kohlensaurem Kalk, kohlensaurem Talk, Kali und Natron in Verbindung, wie auch mit noch einigen anderen Stoffen; in der Steinkohle auch noch mit Bitumen oder Erdpech. — Jod ist ein fester Körper mit etwas metallischem Glanze; es wird aus verbrannten Meerpflanzen, vorzüglich aus dem Seetang gewonnen, ebenso wie die Soda *).

Ganz und vollkommen rein, ohne alle fremde Bestandtheile ist ein Stoff selten oder nie; und dieß gilt sogar von den künstlich bereiteten, welche ganz rein sein sollten. Wenn ich daher von einem Naturprodukt die chemische Zusammensetzung angebe, so ist stets daran zu denken, daß es in der Wirklichkeit fast immer mit noch manch anderen Stoffen in geringen Quantitäten verunreinigt vorkommen wird.

Wenn bei allen den chemischen Verbindungen, die ich bis jetzt beispielsweise angeführt habe, stets Wärme erzeugt wurde, d. h. eine Temperatur-Erhöhung eintrat, so muß ich doch auch noch einige Beispiele anführen, wo Kälte erzeugt wird, d. h. eine Temperatur-Erniedrigung sich zeigt. Es ist die Kenntniß solcher Gemische auch für den bürgerlichen Haushalt nützlich und für manche Gewerbe.

Nimmt man

3 Theile Salmiak, 5 Th. Salpeter und 16 Th. Wasser, so wird die Mischung um 20° R. kälter als die Umgebung;

3 Th. Glaubersalz und 2 Th. Salpetersäure geben eine Mischung die 22° kälter wird;

8 Th. Glaubersalz und 5 Th. Salzsäure werden um 24° kälter;

---

*) Soda bereitet man jetzt vorzüglich aus dem Kochsalze, wobei die Salzsäure ein Nebenprodukt ist.

1 Th. Schnee und 1 Th. Kochsalz werden um 14° kälter; in den Eiskellern pflegt man daher immer das Eis mit Kochsalz zu versetzen;
3 Th. salzsaurer Kalk und 2 Th. Schnee geben eine Temperatur-Erniedrigung von 36°; aber
2 Th. salzsaurer Kalk mit 1 Theil Schnee nur 30°;
1 Th. Schnee und 1 Th. Schwefelsäure geben eben so viel;
1 Th. Schnee und 1 Th. Salpetersäure geben 21° Kälte.

Die Materialien müssen, soll die größtmöglichste Temperatur-Erniedrigung eintreten, fein pulverisirt sein; die Mischung muß gut und schnell umgerührt werden; die Schwefelsäure muß vorher mit Wasser so weit verdünnt sein, daß ein neuer Zusatz von Wasser sie nicht mehr erhitzt; diejenigen Salze, welche Krystallisationswasser in sich aufnehmen (d. h. die, indem sie sich mit Wasser mischen, mit dem letzteren, an diesen Stellen nicht flüssig werden, sondern im Gegentheil, das Wasser mit sich festmachen, wodurch die im Wasser gebundene Wärme frei wird, so daß sie sich dadurch erhitzen), müssen letzteres vorher schon bekommen haben; endlich muß da, wo man Schnee nimmt, die Temperatur der Umgebung nicht über 0° haben, d. h. nicht über dem Gefrierpunkt stehen. — Die Ursache dieser Erkältungen ist vorzüglich darin zu suchen, daß ein fester Körper in einen flüssigen, oder ein tropfbar flüssiger in einen dampf- oder gasförmigen übergeht, und dadurch eine größere Menge Wärme gebunden wird, folglich als freie Wärme verloren geht. Je schneller und vollständiger dieß erreicht wird, desto größer wird, unter gleichen Umständen, die Erkältung sein.

Thilorier zu Paris hat durch 36 Atmosphären starken Druck, die an sich gasförmige Kohlensäure tropfbar flüssig gemacht, dann aber einen Strahl dieser Flüssigkeit in ein Gläschen geleitet; die dadurch erzeugte Kälte, daß ein Theil der flüssigen Kohlensäure, sowie solche dem Druck nicht mehr ausgesetzt war, sofort wieder in ihre Gasform zurücktrat (und welche

gebunden vorkommt, — theils weil er dann gasförmig ist, endlich aber — weil er der elektro-negativste ist. Aus letzterem Grunde ist er stets bereit mit fast allen übrigen Stoffen, theils unmittelbar, theils mittelbar, sich chemisch zu verbinden, mit den elektro-positivsten Stoffen am leichtesten. — Vermöge seiner Gasförmigkeit dringt er leicht überall hin, und als freier Bestandtheil der Luft wird er auch überall hin geweht. Die Metalle laufen an (rosten), Pflanzen- und Thierreste verfaulen, verwesen, d. h. gehen mit dem Sauerstoff Verbindungen ein, und es zersetzen sich dadurch diese Stoffe; es entwickeln sich aus den zersetzten Stoffen Gase, wie Ammoniakgas, Schwefelwasserstoffgas u. dgl., welche die übelsten Gerüche verbreiten; mit einem Worte, der Sauerstoff der Luft verdirbt die Speisen und Getränke, wie fast alles dem Menschen wichtige oder werthe, todte Material, — sei es Holz, Metall, oder ein anderer Stoff, d. h. er ändert diese Stoffe in andere um, die wir nicht so gern sehen. Kann man daher von Speisen (Fleisch, Gemüsen) oder Getränken, den Zutritt der Luft gänzlich ausschließen, so bleiben sie stets das, was sie sind und als solche brauchbar. Deshalb übergießt man Töpfe voll Pflaumenmuß oder Aehnlichem, mit Fett oder Wachs; bewahrt Eingemachtes in Blechbüchsen auf, aus denen alle Luft ausgetrieben ist und die dann luftdicht verlöthet werden. Auf ähnliche Weise bewahrt man Fleisch und Gemüse für lange Schiffsreisen auf. Alles was man in dem Zustande bewahren will, in welchem es sich befindet, muß von jedem Theil an atmosphärischer Luft befreit und dann luftdicht verschlossen werden.

Was aber der Sauerstoff allein nicht zu leisten vermag, das thut er häufig in Verbindung mit dem Kohlenstoff als Kohlensäure. Sie war in der Atmosphäre früher, ehe noch Thiere, namentlich luftathmende Thiere leben konnten, offenbar in viel größerer Menge enthalten, als heut zu Tage. Heute wird der Sauerstoff der Luft von den Menschen und Thieren eingeathmet, und — kohlensaures Gas wird dafür wieder ausgeathmet;

durch diesen fortwährenden, in den Lungen unterhaltenen chemischen Prozeß wird die thierische Wärme erzeugt und erhalten *) und gleichzeitig der, mittelst der Nahrungsmittel aufgenommene und überschüssige Kohlenstoff wieder entfernt. Das Leben der Menschen und der Thiere ist daher eigentlich ein andauerndes langsames dunkles Verbrennen, wobei stets Kohlensäure erzeugt wird. — Ebenso wird bei dem Verbrennen aller Pflanzen (des Holzes, der Kohle) stets kohlensaures Gas erzeugt, eben weil das Verbrennen (hier) eine Mischung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der Pflanzen ist; wir benützen die durch diesen chemischen Prozeß erzeugte Wärme zum Heizen, zum Kochen und Braten und zu den mannigfaltigsten technischen Zwecken; die Kohlensäure aber als Gas, verbreitet sich in der Luft. Sie macht ungefähr $\frac{1}{1000}$ Theil der ganzen Luftmasse aus, und hilft nun dem Sauerstoff getreulich in seinem Zerstörungswerk, d. h. in der Umänderung der Stoffe, auf welche sie im Verein mit einander, überall stoßen. Denn wo der Sauerstoff Bedenken trägt, sich direkt mit dem Vorhandenen zu verbinden, da thut es das kohlensaure Gas, und selbiges bereitet oft dadurch dem Sauerstoff erst die Gelegenheit, auch seinerseits thätig eingreifen zu können.

Und zuletzt hilft noch das Wasser die Stoffe zu verändern, welches theils mechanisch wirkt, theils das durch die Kohlensäure auflöslich gewordene auflöst, theils sich auch zersetzt, so daß sein Wasserstoff ebenfalls noch thätig eingreifen kann. So sehen wir große harte Felsenmassen, die zu Tage liegen, also dem Zutritt der Luft ausgesetzt sind (durch Regen und Frost) sich zerspalten, dadurch der Luft mehr Oberfläche bieten; und so zerfallen sie nach und nach (nach Jahrzehenden, Jahrhunderten oder Jahrtausenden) in die kleinsten Theile (in Sand und Erde); manche

---

*) Das Blut im Menschen hat fortwährend ungefähr 32° Wärme, während die eingeathmete Luft von 28° Kälte bis zu 28° Wärme jede Temperatur hat.

sogleich vor sich an dieser erhitzten Stelle; es entwickelt sich aber dabei so viel Hitze (mit Licht), daß auch die nächstangrenzenden Stellen heiß genug werden, um sich mit dem herbeiströmenden Sauerstoff chemisch verbinden zu können. Dieser Prozeß wiederholt sich von Stelle zu Stelle, bis der ganze vorhandene Vorrath von Wasserstoff, wie wir sagen, „verbrannt" ist, d. h. sich vollständig mit dem Sauerstoff (zu Wasser) verbunden hat *).

Dieß ist der Hergang bei jedem im Leben sogenannten „Verbrennen" eines Stoffes; das Verbrennen ist nie etwas anderes als der Vorgang (der Prozeß) des chemischen Verbindens des fraglichen Stoffes mit dem Sauerstoff, welchen letzteren gewöhnlich unsre atmosphärische Luft in der nöthigen Menge liefert. So verbrennen Schwefel, Kohle, Zink, Blei, Oele und Fette ꝛc. erst, nachdem eine Stelle vorher hinreichend erhitzt worden ist, und wenn der Sauerstoff in hinreichender Menge hin-

*) Wasserdampf zersetzt sich auch wieder (in großer Hitze) in diese beiden Gasarten. — Gebraucht man daher bei dem Löschen einer Feuersbrunst zu wenig Wasser, so kann dieß zur Vermehrung der Flamme und der Gluth beitragen, da das aus der Zersetzung des Wassers hervorgehende Wasserstoffgas sich sogleich entzündet und bei dem Verbrennen eine solche Hitze liefert, daß 1 Pfund Wasserstoffgas, welches aus einer engen Röhre ausströmte und entzündet wurde, 315 Pfund Eis geschmolzen hat; sollte sich das Wasserstoffgas mit der Kohle des brennenden Gegenstandes zu Kohlen-Wasserstoffgas (Leuchtgas) verbinden, so ist zu bemerken, daß das Licht des letzteren zwar viel stärker wird, die Hitze desselben aber schwächer; denn 1 Pfund Leuchtgas hat bloß (bei dem erwähnten Versuche) 85—88 Pfund Eis zum Schmelzen gebracht.

Wird dagegen ein brennendes Gebäude mit großen Wassermassen begossen, so bildet sich so viel Wasserdampf, daß derselbe das Zuströmen der atmosphärischen Luft verhindert, also das Zuströmen des Sauerstoffs, welcher allein das Verbrennen bewirkt; das „Verbrennen" muß also aufhören.

zutreten kann *). Die neuen Stoffe, welche aus diesem Verbrennen der vorbenannten Stoffe hervorgehen, sind bezüglich: die schwefelige Säure, die Kohlensäure, das Zinkoxyd, das Bleioxyd 2c. 2c., endlich Kohlensäure und Wasser. — Die schwefelige Säure wird zum Bleichen der Strohhüte, der von Weiden geflochtenen Körbe, — zur Bereitung der Schwefelsäure (indem sie sich auf's Neue mit Sauerstoff verbindet und so die Schwefelsäure giebt) und noch weiter benützt. — Die Kohlensäure ist die schwere, zum Athmen unbrauchbare Luft, die sich an dem Boden der Hundegrotte bei Puzzuoli, der Dunstgrotte bei Pyrmont und an vielen anderen Orten an dem Erdboden aufhält, welche aber auch im Selterwasser und in vielen andern Mineralbrunnen, — in den gährenden Getränken, daher auch im Champagner, das Moussirende und angenehm Kühlende ist. Die Kohlensäure ist auch ein Bestandtheil mehrerer Steinarten, auch der Pottasche (welche kohlensaures Kali ist) und der Soda (welche sich als eine chemische Verbindung aus Kohlensäure und Natron ausweist). Namentlich ist die Kohlensäure auch ein Bestandtheil des Marmors, aller Kalksteine, wenn sie auch unreiner sind als der Marmor (d. h. mit Thon und anderen Stoffen noch gemengt) und der Kreide, während der andere Bestandtheil der eben genannten Stoffe, die Kalkerde ist (der frisch gebrannte Kalk). Durch das Brennen, d. h. durch die große Erhitzung des Marmors, der Kreide, oder des Kalksteins überhaupt, wird hier wieder die Trennung (Scheidung) der beiden Bestand-

*) In der Chemie nennt man den Vorgang einer jeden chemischen Verbindung eines Stoffes mit dem Sauerstoff, das Verbrennen des ersteren, auch wenn keine Lichterscheinung sich dabei zeigt. Im letzteren Falle nennt man ihn dunkles Verbrennen. Andere Verbrennungen geben Licht, aber keine Flamme (die nur entsteht, wenn brennbare Gase entstehen); dann wird es Verglimmen, zuweilen Verkohlen genannt.

theile von einander bewirkt; die Kohlensäure entweicht als Gas und die Kalkerde bleibt übrig. — Bringt man aber etwas Kalkerde zwischen die Pole einer galvanischen Kette, so tritt eine Gasart an den positiven Pol, welche also negativ elektrisch ist und sich als Sauerstoff ausweist, und an dem negativen Pol zeigt sich ein metallisch glänzender Körper, welches Metall Calcium genannt wird. Der Marmor und die Kreide sind also chemische Verbindungen aus Kohlensäure und Kalk, während jeder dieser letzteren beiden Bestandtheile wiederum eine binäre (d. h. aus zwei einfachen Stoffen bestehende) Verbindung, die eine aus Sauerstoff und Kohlenstoff, die andere aus Sauerstoff und dem Calcium-Metall, ist *). — Ebenso ist der Magnesit (Talkspath, Bitterkalk) eine chemische Verbindung aus Kohlensäure und Talkerde (Bittererde), während die letztere wieder eine binäre Verbindung aus Sauerstoff und dem Magnium- (oder Magnesium-) Metall ist.

Die Stoffe sind entweder einfache oder aus anderen chemisch zusammengesetzte, aber dann stets **nur aus zweien** zusammengesetzt; denn nie verbinden sich gleichzeitig mehr als zwei Stoffe chemisch mit einander. — Jeder dieser beiden Bestandtheile kann aber wieder einfach oder zusammengesetzt sein. — Bis jetzt kennt die Chemie ungefähr 62 einfache Stoffe, d. h. solche Stoffe, welche man deshalb für einfache hält, weil es der Chemie noch nicht gelungen ist, sie in noch einfachere zu zerlegen. — Die übrigen Stoffe sind dann aus 2, 3, 4, 5, 6 und noch mehr dieser sogenannten einfachen Stoffe zusammengesetzt.

Wir wollen festhalten, daß der chemische Verbindungs-

*) Die Kreide ist der reinste kohlensaure Kalk; der Kalkstein hat häufig noch etwas Thon oder andere Stoffe bei sich. Unter den Kalksteinen ist der Marmor der reinste kohlensaure Kalk; seine Adern (Färbungen) rühren meist von sehr kleinen Mengen Metall-(Oxyd-)Auflösungen her.

Prozeß durchaus nur eine Folge des Unterschieds der Größe der polaren Kräfte der sich verbindenden Stoffe ist; daher verbinden sich jedesmal nur zwei Stoffe auf einmal mit einander. Alle einfachen Stoffe, alle binären Verbindungen derselben, alle Verbindungen zweier binären Verbindungen (die man jetzt in der Chemie durchweg Salze nennt), alle weiteren Verbindungen dieser letztern unter sich (die man Doppelsalze zu nennen pflegt) oder mit binären u. s. w., — jede einzelne Reihe dieser Stoffe läßt sich im Allgemeinen so ordnen, daß jeder in dieser Ordnung vorangehende Stoff elektro-negativer ist als der nachfolgende, oder, was dasselbe ist, jeder folgende elektro-positiver ist als der vorangehende.

Der Unterschied der polaren Kräfte zwischen einem Stoff, welcher, ich will sagen, etwa im ersten Dritttheil dieser so geordnet gedachten Stoffe gefunden wird, und einem anderen Stoff, welcher zu dem letzten Dritttheil (mehr oder weniger) dieser Stoffe gehört, ist daher entschieden größer, als der Unterschied der polaren Kräfte zwischen je zwei Stoffen der erstern Gruppe, oder zwischen je zwei Stoffen der letztern Gruppe, oder auch zwischen einem Stoff der mittlern Gruppe (des mittlern Dritttheils, mehr oder weniger) — und einem der erstern oder der letztern Gruppe. In der erstern Gruppe sind die Stoffe vorzugsweise elektro-negativ oder, wie die Chemie sagt, „sauer"; in der letztern Gruppe sind die Stoffe vorzugsweise elektro-positiv, oder, nach der Redeweise der Chemie, „basisch", und die in der Mittelgruppe liegenden Stoffe werden in der Chemie neutrale genannt; diese letzteren sind etwas basisch zu Stoffen der erstern Gruppe (der sauren), aber etwas sauer zu Stoffen der letztern Gruppe (der basischen), welche Redensarten nichts weiter sagen, als was wir schon wissen, nämlich, daß sie bei der gedachten Anordnung, der Gruppe der sauren oder elektro-negativen folgen, der Gruppe der basischen oder elektro-positiven Stoffe aber vorangehen.

Da zwischen einem Stoffe aus der erstern Gruppe (der vorzugsweise sauren) und einem Stoffe der letztern Gruppe (der vorzugsweise basischen), der Unterschied der polaren Kräfte ein größerer ist, so werden sie am geneigtesten sein sich mit einander zu verbinden; nichts desto weniger aber wird auch ein neutraler Stoff sich mit einem sauren, wie mit einem basischen Stoff, — eben so selbst werden zwei saure Stoffe mit einander, und auch zwei basische Stoffe mit einander noch chemisch sich verbinden, so lange nur noch ein Unterschied ihrer polaren Kräfte vorhanden ist. Verbinden sich zwei Stoffe der sauren Gruppe mit einander, so ist bei dieser Verbindung der elektro-negativere Stoff der saure, der elektro-positivere dagegen jetzt der basische. Eben so ist, so oft sich zwei Stoffe aus der vorzugsweise basisch genannten Gruppe, mit einander verbinden, in dieser Verbindung der eine wieder der saure, d. h. der elektro-negativere. — Die Eintheilung sämmtlicher Stoffe in die drei Gruppen, der sauren, der neutralen und der basischen Stoffe, hat also keinen absoluten, logischen Grund; sie ist eine willkührliche, gemacht, um die bei den chemischen Verbindungen eintretenden Ereignisse bequemer übersehen zu können; denn, halten wir das recht fest, jede chemische Verbindung besteht aus einem Bestandtheil, welcher gegen den andern Bestandtheil sauer ist, und der andere ist dann gegen den erstern stets basisch; d. h. mit andern Worten: der erstere ist elektro-negativer als der andere, der andere dagegen weniger elektro-negativ, oder elektro-positiver als der erstere.

Die Consequenzen, d. h. die Folgen aus dieser Ansicht sind in der Chemie von ungemeiner Wichtigkeit. Unter den (edlen und unedlen, aber nicht den Halb-) Metallen ist das Zink das am meisten basische, d. h. das elektro-positivste. Wo also ein edles oder unedles Metall mit einer Säure verbunden vorkommt, da darf man nur Zink zusetzen und die Säure wird sich lieber mit dem Zink verbinden (weil der Unterschied

der polaren Kräfte der Säure und des Zinkes ein größerer ist) und das andere Metall loslassen. So werden also Metalle aus ihren Verbindungen mit Säuren durch Zink ausgeschieden. Dieß nennt man in der Chemie einfache Wahlverwandtschaft, und man sagt: das Zink habe zu der Säure eine größere Verwandtschaft als das ausgeschiedene Metall. — Das Kochsalz ist eine Verbindung aus Chlorgas und dem Natrium-Metall. Die Schwefelsäure ist saurer als das Chlor; gießt man also (mit Wasser) verdünnte Schwefelsäure auf Kochsalz, so entweicht das Chlor als Gas (es wird frei), die Schwefelsäure verbindet sich mit dem Natrium-Metall (welches durch Zutritt von Sauerstoff vorher sich in Natron verwandelt) und man erhält das schwefelsaure Natron (Glaubersalz) *) als neue Verbindung. — Vor 40 Jahren hielt man das Kochsalz noch für eine Verbindung aus Salzsäure und Natron, während die Salzsäure erwiesener Maßen eine Verbindung aus Wasserstoff und Chlor, das Natron dagegen eine Verbindung aus Sauerstoff und dem Natrium-Metall ist. In der That: gießt man auf Natron die gehörige Menge Salzsäure, so entsteht Kochsalz; allein neuere Untersuchungen haben den Vorgang wie folgt erkennen lassen: Wasserstoff und Chlor haben zu einander eine geringe Verwandtschaft; sowie also die Salzsäure (der Chlor-Wasserstoff) mit dem Natron in Verbindung kommt, so will das Chlor lieber zu dem Natrium-Metall, welches basischer ist als der Wasserstoff, und gleichzeitig will der Wasserstoff lieber zu dem Sauerstoff, welcher saurer ist als das Chlor, und so reißen sich Chlor und Wasserstoff von einander los und es verbindet sich der Sauerstoff des Natrons mit dem Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser; das

*) Das Glaubersalz ist eigentlich wiederum eine chemische Verbindung aus gedachtem schwefelsauren Natron, mit Wasser (zu einem festen Körper).

frei gewordene Chlor aber verbindet sich mit dem frei gewordenen Natrium-Metall zu Kochsalz; Salzsäure mit Natron giebt also Wasser **und** Kochsalz; das Wasser blieb unbeachtet, und man glaubte bloß Kochsalz zu haben.

Es hat hier das statt gefunden, was man in der Chemie eine Doppel-Wahlverwandtschaft nennt. Die Stoffe haben sich in ihren Verbindungen ausgetauscht. — Noch ein Beispiel der einfachen Wahlverwandtschaften. Gießt man (mit Wasser) verdünnte Schwefelsäure auf gepulverten Marmor, so verbindet sich die Schwefelsäure (welche eine binäre Verbindung aus Sauerstoff und Schwefel ist) mit der Kalkerde des Marmors zu schwefelsaurer Kalkerde (Anhydrit, Gyps, Alabaster) und seine Kohlensäure wird frei und tritt als Gas heraus. Die Schwefelsäure hat zu der Kalkerde eine größere Anziehung (eine größere Verwandtschaft) als die Kohlensäure; daher wird letztere durch erstere vertrieben. — Man bediente sich dieses Verfahrens, um bei der Bereitung der künstlichen Mineralbrunnen das nöthige kohlensaure Gas (fixe Luft) zu gewinnen. Jetzt nimmt man statt des Marmors lieber eine Steinart, die man Magnesit (Talkspath, Bitterkalk) nennt, und welcher kohlensaure Talkerde ist, weil die schwefelsaure Talkerde (Bittersalz), welche jetzt statt des Gypses entsteht, besser zu verwerthen ist. Die Talkerde (oder Bittererde) aber ist eine (binäre) Verbindung aus Sauerstoff und Magnesium-Metall.

Die Kunst des reinen wie des technischen Chemikers besteht in der genauen Kenntniß der größern oder geringern Verwandtschaft der einzelnen Stoffe zu einander, sowie des Wärmegrades und der übrigen Umstände, unter denen die chemischen Verbindungen bei den verschiedenen Stoffen eintreten, endlich auch in der Kenntniß der Eigenschaften der einzelnen Stoffe selbst, um an ihnen zu erkennen, mit welchem Stoffe er es zu thun habe. Dadurch wird es ihm möglich, solche Stoffe, die

in größerer Menge ihm zu Gebote stehen, zu scheiden, oder mit einander zu vereinigen, um mittelst der Wahlverwandtschaft neue und in der Natur seltener vorkommende oder doch ihm werthvollere Stoffe zu gewinnen, entweder durch bloße Scheidungen, oder durch Scheidungen und neue Verbindungen. — Nie läßt sich nämlich die Summe aller in der Natur vorhandenen Stoffe vermehren oder vermindern, sondern es lassen sich nur die Einen in die Andern umändern.

Auf dieser Ansicht beruhte das frühere Bestreben Gold zu machen (die Alchymie); die neuere Chemie sieht das Gold (wie jedes Metall) als einen einfachen Stoff an, d. h. als einen Stoff, der sich nicht mehr in zwei andere Stoffe zerlegen läßt. Aus andern Stoffen zusammensetzen ließe sich also das Gold demnach nicht. Es könnte aber, leicht zu erwerbende, unscheinbare Stoffe geben, welche chemische Verbindungen sind aus Gold und noch einem oder mehreren andern Stoffen, so daß das Gold durch Scheidung dieser letzteren erhalten werden könnte. Nun hat aber die Chemie alle in einiger Menge vorhandenen Mineralien (Steine, Erden ꝛc.) bereits untersucht; man kennt ihre Zusammensetzungen und die einfachen Stoffe, aus denen sie bestehen; folglich muß man das „Gold machen" jetzt als eine Unmöglichkeit ansehen. — Ein noch lebender berühmter Chemiker hat jedoch in einer Gesellschaft einmal ausgesprochen: gerade das Gold zeige einige Spuren, daß es kein einfacher Stoff sein möchte.

Aber auch die Irrthümer der Menschen fallen zum Vortheil des Menschengeschlechts aus. Das eigennützige Streben Gold zu machen, hat in Sachsen die Erfindung des Meißner Porzellans zur Folge gehabt; auch fand man eine Anzahl Stoffe, welche als kostbare Färbemittel benützt werden konnten; namentlich aber bildete sich nach und nach eine Chemie als Wissenschaft daraus hervor, welche für die Gewerbe und Künste

sehr viel werthvoller ist als alles Gold der Erde*), wenn man auch das allerwerthvollste, das unschätzbare, gar nicht in Anschlag bringen will, nämlich die dadurch gewonnene tiefere Einsicht in das Schalten und Walten der Natur und der Gottheit in ihr. Auch das Nützlichste muß dem Erhabenen und Erhebenden stets tief untergeordnet bleiben.

Um Ihnen noch eine Uebersicht im Ganzen und Großen zu geben, ohne mich auf zu viele Einzelnheiten einlassen zu müssen, hebe ich noch hervor, daß unter den ungefähr 62 einfachen Stoffen, welche die Chemie zur Zeit annimmt, einige vierzig Metalle (edle, unedle und Halb-Metalle) sind, die übrigen Stoffe, welche nicht den Namen der Metalle tragen, werden auch zuweilen Metalloide genannt. Mehr als 30 dieser Stoffe kommen bis jetzt in so geringen Mengen vor, daß sie nur das Interesse des wissenschaftlichen Chemikers erregen, oder höchstens noch hie und da das des Arztes, in so fern sie zu Arznei-Mitteln verwandt werden können; dem Gewerbtreibenden und Künstler bleiben nur etwa 30 dieser einfachen Stoffe von Werth, in so fern sie zwar selten allein (frei) vorkommen, aber oft in großer Menge in gebundenem Zustand d. h. mit andern Stoffen, besonders häufig mit dem Sauerstoff in Verbindung; wie z. B. das Calcium-Metall im Kalke, das Kalium- und Natrium-Metall in der Pottasche und in der Soda, das Aluminium-Metall in dem Thone und in dem Alaun, das Zink im Galmei oder in der Zinkblende (Schwefelzink), das Eisen im Schwefelkies oder auch im Eisenstein, u. s. w.

---

*) In den Jahren 1851 und 1852 wurde, auf der ganzen Erde zusammengenommen, am meisten Gold gewonnen. Alles in einem dieser Jahre gewonnene Gold in eine Kugel zusammengeschmolzen, giebt aber nur eine Kugel von etwa 5½ Fuß Durchmesser; und bloß die Milch, die im preußischen Staate allein erzeugt wird, kann mit mehreren solcher goldenen Kugeln noch nicht bezahlt werden.

Ordnen wir einige dieser einfachen Stoffe hinsichtlich ihrer elektro-chemischen Anziehungskraft gegen einander, und so, wie wir oben beschrieben haben, nämlich so, daß die Gruppe der sauren vorangeht und die Gruppe der basischen zuletzt kommt, so nehmen sie ungefähr folgende Ordnung ein, nämlich Sauerstoff (8), Schwefel (16), Stickstoff (14), Fluor, Chlor (36), Brom, Jod, Selen, Phosphor, Arsen, Chrom, Vanadium, Molybdän, Bor, Kohlenstoff (6), Antimon (64½), Silicium (Kiesel) (15), Wasserstoff (1), Gold (66), Platin (48), Quecksilber (101), Silber (108), Kupfer (32), Wismuth (71), Zinn (59), Blei (104), Kadmium (56), Kobalt (29½), Nickel, Eisen (28), Zink (32), Mangan, Aluminium (13½), Magnium (Magnesium)(12), Calcium (20), Strontium, Barium, Natrium (23) und Kalium (39).

Danach ist also der Sauerstoff der sauerste, das Calcium-, Natrium- und Kalium-(Metall) sind dagegen die basischsten unter den einfachen Stoffen. — Jeder dieser Stoffe ist elektro-positiv gegen jeden in obiger Ordnung voranstehenden, elektro-negativ aber gegen jeden in derselben Ordnung nachfolgenden. Natürlich ist dann die Reihe der einfachen Stoffe, etwa vom Wasserstoff ab nach hinten zu, vorzugsweise elektro-positiv (oder basisch) zu nennen.

Die Zahl, welche wir in diesem Verzeichniß den einzelnen Stoffnamen beigesetzt haben, ist die Verhältnißzahl, in welcher (dem Gewichte nach) sich dieser Stoff mit irgend einem andern, einfachen oder zusammengesetzten Stoffe, der wieder seine bestimmte Verhältnißzahl hat, chemisch verbindet; so nämlich, daß beide Stoffe nur in diesem Verhältniß zusammengebracht werden dürfen, wenn jeder durch den andern gesättigt sein soll, d. h. wenn von keinem derselben etwas ungebunden (frei) übrig bleiben soll. Diese Zahl heißt das Mischungsgewicht (Mischgew., Mg.), auch der chemische Werth dieses Stof-

fes. — Auch wird von den Chemikern häufig statt des Wortes „Mischungsgewicht“ das Wort „Atom“ gebraucht.

Man sagt z. B.: die Kohlensäure enthalte 2 Atome Sauerstoff und 1 Atom Kohlenstoff; d. h. 2mal 8 Pfund Sauerstoff und 1 mal 6 Pfund Kohlenstoff sättigen sich gegenseitig und geben 22 Pfund Kohlensäure. — Auch die Mischungsgewichte der einzelnen Stoffe scheinen eine nothwendige Folge der in den einzelnen Stoffen verschieden vorhandenen polaren Kräfte zu sein.

Erfahrungsmäßig steht aber folgendes fest, nämlich:

Das Mischungsgewicht eines jeden zusammengesetzten Stoffes ist stets die Summe der Mischungsgewichte seiner beiden Bestandtheile, mögen letztere einfache, oder selbst wieder beliebig zusammengesetzte sein.

So ist das Mischungsgewicht des Wassers 9; die Mischungsgewichte seiner beiden Bestandtheile, des Sauerstoffs und Wasserstoffs aber bezüglich 8 und 1. — Verbindet sich Sauerstoff mit dem Kohlenstoff in dem Verhältniß von 1 mal 8 Pfund und 1 mal 6 Pfund, so erhält man das Kohlenoxydgas*), dessen Mischungsgewicht 14 ist; dieser Stoff verbindet sich nun noch einmal mit dem Sauerstoff, aber es gehören die vollen 14 Pfund dieses Kohlenoxydgases dazu, wenn abermals 8 Pfund Sauerstoff völlig gesättigt sein sollen; der neue Stoff ist jetzt das kohlensaure Gas (die Kohlensäure, die fixe Luft), welche nicht mehr brennbar ist, d. h. welche nun sich nicht weiter mit dem Sauerstoff chemisch verbindet; ihr Mischungsgewicht ist aber 22, ganz dem obigen Gesetze entsprechend. — Diese beiden letztgenannten

*) Es brennt mit schöner blauer Flamme; es zeigt sich, so lange Kohlen noch nicht völlig verbrannt sind; und das Einathmen dieses Gases hat schon vielen Menschen den Tod gebracht, wenn sie in geheitzten Zimmern weilten oder schliefen, in denen die Klappe der oberen Zugröhre zu früh geschlossen worden war, so daß dieses Gas in's Zimmer trat.

Stoffe, nämlich das Kohlen-Oxydgas und die Kohlensäure, verbinden sich nun wieder mit einander, in dem Verhältniß wie 1 Atom zu 1 Atom, d. h. 1 Mg. (14 Pfund) Kohlenoxydgas und 1 Mg. (22 Pfund) Kohlensäure, geben den neuen Stoff, welcher Sauerklee- oder Oxal-Säure genannt wird und dessen Mischungsgewicht 36 (14 und 22) ist; d. h. 36 Pfund Oxalsäure sind nöthig, um die durch das Mischungsgewicht eines anderen Stoffes gegebene Zahl von Pfunden dieses anderen Stoffes, vollkommen zu sättigen und auch von letzterem vollkommen gesättigt zu werden, so daß von beiden Stoffen nichts unverbunden (frei, überschüssig) bleibt. Die Oxalsäure besteht also aus 3 Atomen Sauerstoff und 2 Atomen Kohlenstoff.

Das Mischungsgewicht des Calcium-Metalls ist 20, des Sauerstoffs 8; die chemische Verbindung beider, nämlich der Kalkerde ist 28. Es gehören aber auch 28 Pfund (frisch gebrannten) Kalkes und 22 Pfund Kohlensäure dazu, wenn beide sich vollkommen sättigen sollen, so daß weder überschüssige Kalkerde, noch überschüssige Säure vorhanden ist. Die Mischung ist nun kohlensaurer Kalk (wie er im Marmor, in der Kreide und im Kalkstein vorkommt) und sein Mischungsgewicht ist wiederum die Summe von 28 und 22 nämlich 50; d. h. es gehören 50 Pfund dieses kohlensauren Kalkes dazu, um so viele Pfunde eines anderen Stoffes zu sättigen, als das Mischungsgewicht dieses anderen Stoffes angiebt, und um auch von letzterem völlig gesättigt zu werden.

Eine der wichtigsten Rollen im Haushalte der Natur spielt der Sauerstoff, theils seiner großen Menge wegen *), — theils weil er in der atmosphärischen Luft in so großer Menge un-

*) Man schätzt die Menge des Sauerstoffs auf ein Dritttheil der Mengen aller übrigen einfachen Stoffe zusammen, — wenigstens so weit wir in die Tiefen der Erde bis jetzt eingedrungen sind.

gebunden vorkommt, — theils weil er dann gasförmig ist, endlich aber — weil er der elektro-negativste ist. Aus letzterem Grunde ist er stets bereit mit fast allen übrigen Stoffen, theils unmittelbar, theils mittelbar, sich chemisch zu verbinden, mit den elektro-positivsten Stoffen am leichtesten. — Vermöge seiner Gasförmigkeit dringt er leicht überall hin, und als freier Bestandtheil der Luft wird er auch überall hin geweht. Die Metalle laufen an (rosten), Pflanzen- und Thierreste verfaulen, verwesen, d. h. gehen mit dem Sauerstoff Verbindungen ein, und es zersetzen sich dadurch diese Stoffe; es entwickeln sich aus den zersetzten Stoffen Gase, wie Ammoniakgas, Schwefelwasserstoffgas u. dgl., welche die übelsten Gerüche verbreiten; mit einem Worte, der Sauerstoff der Luft verdirbt die Speisen und Getränke, wie fast alles dem Menschen wichtige oder werthe, todte Material, — sei es Holz, Metall, oder ein anderer Stoff, d. h. er ändert diese Stoffe in andere um, die wir nicht so gern sehen. Kann man daher von Speisen (Fleisch, Gemüsen) oder Getränken, den Zutritt der Luft gänzlich ausschließen, so bleiben sie stets das, was sie sind und als solche brauchbar. Deshalb übergießt man Töpfe voll Pflaumenmuß oder Aehnlichem, mit Fett oder Wachs; bewahrt Eingemachtes in Blechbüchsen auf, aus denen alle Luft ausgetrieben ist und die dann luftdicht verlöthet werden. Auf ähnliche Weise bewahrt man Fleisch und Gemüse für lange Schiffsreisen auf. Alles was man in dem Zustande bewahren will, in welchem es sich befindet, muß von jedem Theil an atmosphärischer Luft befreit und dann luftdicht verschlossen werden.

Was aber der Sauerstoff allein nicht zu leisten vermag, das thut er häufig in Verbindung mit dem Kohlenstoff als Kohlensäure. Sie war in der Atmosphäre früher, ehe noch Thiere, namentlich luftathmende Thiere leben konnten, offenbar in viel größerer Menge enthalten, als heut zu Tage. Heute wird der Sauerstoff der Luft von den Menschen und Thieren eingeathmet, und — kohlensaures Gas wird dafür wieder ausgeathmet;

durch diesen fortwährenden, in den Lungen unterhaltenen chemischen Prozeß wird die thierische Wärme erzeugt und erhalten *) und gleichzeitig der, mittelst der Nahrungsmittel aufgenommene und überschüssige Kohlenstoff wieder entfernt. Das Leben der Menschen und der Thiere ist daher eigentlich ein andauerndes langsames dunkles Verbrennen, wobei stets Kohlensäure erzeugt wird. — Ebenso wird bei dem Verbrennen aller Pflanzen (des Holzes, der Kohle) stets kohlensaures Gas erzeugt, eben weil das Verbrennen (hier) eine Mischung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der Pflanzen ist; wir benützen die durch diesen chemischen Prozeß erzeugte Wärme zum Heizen, zum Kochen und Braten und zu den mannigfaltigsten technischen Zwecken; die Kohlensäure aber als Gas, verbreitet sich in der Luft. Sie macht ungefähr $\frac{1}{1000}$ Theil der ganzen Luftmasse aus, und hilft nun dem Sauerstoff getreulich in seinem Zerstörungswerk, d. h. in der Umänderung der Stoffe, auf welche sie im Verein mit einander, überall stoßen. Denn wo der Sauerstoff Bedenken trägt, sich direkt mit dem Vorhandenen zu verbinden, da thut es das kohlensaure Gas, und selbiges bereitet oft dadurch dem Sauerstoff erst die Gelegenheit, auch seinerseits thätig eingreifen zu können.

Und zuletzt hilft noch das Wasser die Stoffe zu verändern, welches theils mechanisch wirkt, theils das durch die Kohlensäure auflöslich gewordene auflöst, theils sich auch zersetzt, so daß sein Wasserstoff ebenfalls noch thätig eingreifen kann. So sehen wir große harte Felsenmassen, die zu Tage liegen, also dem Zutritt der Luft ausgesetzt sind (durch Regen und Frost) sich zerspalten, dadurch der Luft mehr Oberfläche bieten; und so zerfallen sie nach und nach (nach Jahrzehenden, Jahrhunderten oder Jahrtausenden) in die kleinsten Theile (in Sand und Erde); manche

*) Das Blut im Menschen hat fortwährend ungefähr 32° Wärme, während die eingeathmete Luft von 28° Kälte bis zu 28° Wärme jede Temperatur hat.

der Gemengtheile des Felsens sind chemisch unverändert geblieben, andere aber haben sich durch Aufnahme der Kohlensäure, des Sauerstoffs ꝛc. chemisch umgeändert und dadurch eben das Zerfallen des Ganzen bewirkt. — Andere Stoffe werden aber wieder an der Luft härter und fester und zwar nicht immer bloß wegen der Verdunstung der wässerigen Theile, sondern auch häufig wegen der chemischen Umänderung, welche sie durch die Kohlensäure und den Sauerstoff in der Luft, erfahren. Die Aenderungen der erstern Art, welche Stoffe in der Luft erleiden, nennt man das „Verwittern" derselben, und wir wissen, daß nahehin alles verwittert, was der Luft, dem Regen (und dem Schnee) ausgesetzt ist.

Um sich von der vorhandenen Menge des Sauerstoffs eine klarere Anschauung zu machen, mag man bedenken, daß er 23 Prozent der atmosphärischen Luft ausmacht; § oder 89 Prozent alles Wassers; 52 Prozent aller Kieselerde (welche Sauerstoff-Silicium ist), 46 Prozent aller Thonerde (welche Sauerstoff-Aluminium ist); 38 Prozent der Talkerde (Sauerstoff-Magnium); 28 Prozent der Kalkerde; 24 Prozent des Natrons (noch mehr Prozent der Soda d. h. des kohlensauren Natrons); 16 Prozent des Kali (noch mehr Prozent des kohlensauren Kali d. h. der Pottasche); 74 Prozent der Salpetersäure; 60 Prozent der Schwefelsäure u. s. f.; während diese Säuren alle wieder in so mannigfachen andern Verbindungen vorkommen, z. B. die Schwefelsäure im Alaun, in den verschiedenen Vitriolen, im Anhydrit, Gyps und Alabaster, u. dgl. mehr.

Unter den binären (d. h. unter den bloß aus zwei einfachen Stoffen bestehenden) Verbindungen, spielt, was die auf der Erde vorhandene Menge betrifft, das Sauerstoff-Silicium, d. h. die Kieselerde, die bei weitem größte Rolle. Sie wird auch Kieselsäure genannt, weil sie sich in die Gruppe der „sauren" binären Verbindungen einreiht. Sie kommt in geringeren Mengen krystallisirt vor, unter dem Namen des Berg-

krystalls, des Chalcedons, des Jaspis u. s. w. (welche zu den Edelsteinen gerechnet werden); mehr kommt sie vor als Feuerstein und Hornstein; noch mehr, ja ganze Felsmassen als Quarz; am meisten aber und in ungeheuren Mengen als Sand.

Die vielen Sandsteinfelsen aller Art, von dem ältesten und härtesten (der Grauwacke) an bis zu den jüngsten und weichsten (z. B. der sogenannten Molasse in der Schweiz) hin, bestehen nur aus Sand, manchmal ohne alles Bindemittel, manchmal mit Thon oder Kalk mechanisch verbunden. (Die Grauwacke hat meist mehr Thon als Sand). Aber der Thon selbst ist eine chemische Verbindung aus Kieselsäure und Thonerde, also ein Salz, während die Thonerde Sauerstoff-Aluminium ist, d. h. eine binäre Verbindung aus Sauerstoff und dem Aluminium-Metall. — Der größte Theil der gesammten Erdrinde, bis in die tiefsten Tiefen hinein, so weit wir bis jetzt gedrungen sind, besteht außerdem noch in Silikaten, d. h. in kieselsauren Verbindungen, theils Salzen, theils und meistens Doppelsalzen, zuweilen noch Verbindungen aus solchen Doppelsalzen mit binären Verbindungen oder mit Salzen. Dahin gehören die verschiedenen Feldspathe, der Glimmer, die Hornblende, der Augit, der Olivin, der Obsidian, der Bimstein, der Talkschiefer, der Chloritschiefer u. s. w. Diese Stoffe sind gleichartig (homogen) und bilden entweder kleine Krystalle, — oder so kleine Krystalle, daß man sie „Körner" nennt, — oder sie kommen in so kleinen Körnern vor, daß sie ein „erdig" genanntes Aussehen haben. Ein und derselbe Stoff kommt aber gewöhnlich in allen drei Formen vor und hängt dieß davon ab, daß der Uebergang vom flüssigen Zustand zum festen, wobei sich die Krystalle bilden, entweder sehr langsam von Statten gieng (so daß die Krystalle größer zu werden genug Zeit hatten), oder schneller, oder noch schneller. Bei einem noch schnelleren und dem schnellsten Uebergang vom flüssigen Zustand zum festen,

nehmen diese Stoffe meist ein glasiges Aussehen an; sie sind gestaltlos (amorph). Nach Versuchen von Fleurian de Beauville und James Hall, in französischen und englischen Glashütten und Hochöfen angestellt, wird jede Lava, jede Schlacke glasartig (amorph, gestaltlos), wenn sie schnell abkühlt, dagegen nimmt sie die Form der Steine an, d. h. sie wird (fein- oder grob-)körnig, oder es entstehen auch größere Krystalle, wenn die Abkühlung langsamer oder sehr langsam von Statten geht. Auf allen Glashütten ist es bekannt, daß die künstliche Glasmasse (die auch ein Silikat ist, nämlich kieselsaures Kali mit etwas kieselsaurem Kalk) nicht mehr durchsichtig, also steinartig wird, wenn sie sehr langsam, im Feuer selber, abkühlt.

Die einzelnen Gebirgsmassen bestehen nun zuweilen aus einem einzigen solchen Salz- oder Doppelsalz, oder aus einer einzigen, noch zusammengesetzteren chemischen (und deshalb gleichartigen) Verbindung, — meist aber aus zwei, drei und mehreren derselben (in „Krystallen" oder „Körnern" oder in noch feineren (erdigen) Theilen mit einander mechanisch verbunden), die einen mehr oder minder festen (harten) Körper bilden. Wir werden von diesen Gebirgsmassen in einer der nächsten Vorlesungen noch Näheres berichten.

Zu den Silikaten gehört auch der Thon, welcher kieselsaure Thonerde ist. Er erscheint in den untersten Schichten der Erde als Grauwacke (mit mehr oder minder Sand noch mechanisch verbunden); in höher gelegenen Schichten als Thonschiefer; erst in noch höheren Schichten als plastischer (Töpfer-) Thon. Bloß der größere Druck der darüber lagernden Schichten hat die Grauwacke, d. h. einen sehr festen Stein gebildet; der Thonschiefer ist schon ein weniger fester Stein, weil er geringeren Druck erfahren hat; der Töpfer-Thon hat, wegen des Mangels eines hinreichenden Druckes noch gar keine Festigkeit erlangt. — Der Lehm ist ein mit Sand und gewöhnlich mit

Eisenoxyd verunreinigter Thon. Schwefelsaurer Thon heißt Alaun; und wenn er noch mit schwefelsaurem Kali, oder mit schwefelsaurem Natron in Verbindung getreten ist, so heißt er Kali-Alaun oder Natron-Alaun. Der Thon kommt auch mit (kohlensauren) Kalkkörnern mechanisch verbunden vor als Mergel; häufig enthält der letztere auch noch, bald mehr bald weniger, Sand, und ist, wenn er mehr Sand enthält, natürlich zum Verbessern der Sandfelder nicht mehr so beliebt. Auch der Mergel in den unteren Schichten der Erde ist zu Stein geworden (Steinmergel); in den oberen Schichten der Erde hat er keinen so großen Druck erfahren, daß er zu einem festen Steine sich hätte gestalten können.

Die Thon-Erde dagegen, welche, künstlich hergestellt, als ein weißes Pulver erscheint, ist bloß eine binäre Verbindung (Sauerstoff-Aluminium), und kommt in dem Erdkörper frei in geringen Mengen krystallisirt vor, unter dem Namen des Saphir's, des Rubin's und des Korund; diese Steine gehören zu den Edelsteinen. — Alle Silikate schmelzen bald früher, bald später; die schwerflüssigsten erfordern aber etwa 1600° R., also nicht viel mehr Hitze als das Eisen.

Nachdem wir der Kieselsäure, als einer Sauerstoffsäure und als einer binären Verbindung, ihr Recht haben angedeihen lassen, betrachten wir unter den Sauerstoffsäuren, d. h. unter den sauren binären Verbindungen aus Sauerstoff und einem zweiten Stoffe (der gegen den Sauerstoff stets als eine Base erscheint), noch einmal die Kohlensäure. Sie kommt ebenfalls in ziemlicher Menge vor; sie ist frei in der atmosphärischen Luft, senkt sich aber vermöge ihrer größeren specifischen Schwere stets nach unten. Sie wird aus den Kratern der feuerspeienden Berge zugleich mit dem Rauch, der aus vielen derselben ununterbrochen aufsteigt, ausgetrieben; sie entsteigt aus vielen Mineralquellen, auch aus dem Boden, vorzüglich in der Nähe solcher Quellen; sie

tritt mit anderen Gasen und Dämpfen aus den Rissen heraus, welche Erdbeben in dem Bereiche ihres Wirkens im Erdboden hervorbringen; sie erzeugt sich bei jeder Gährung; sie bildet aber auch mit Kalk und Talk und anderen Basen chemisch verbunden, massenhafte Gebirge, die Kalkstein- und Talkspath-Lager, die Dolomit-Gebirge, in so ferne der Dolomit eine innige Vermengung der kohlensauren Talkerde mit kohlensaurer Kalkerde ist; u. s. w. Die, Tausende von Meilen langen Korallenfelsen, die sich im Meere in einiger Entfernung von den Ufern hinziehen, auch mitten im Meere Tausende von kranzförmigen Inseln bilden, endlich auch auf dem jetzigen Festlande (z. B. im Thüringer Walde) in Massen gefunden werden (als auf früherem Meeresgrunde fußend, der aus dem Meere herausgetreten oder von welchem das Meerwasser abgeflossen ist), sind, obgleich die Gehäuse der Korallenthiere, kohlensaurer Kalk. Dasselbe gilt von den Kreidemassen, welche in Gebirgsform Tausende von Quadratmeilen bedecken und ebenfalls nur Thierschalen sind. — Der sogenannte Plöner Kalk ist von der Kreide nur durch größere Festigkeit verschieden, wie wenn ein größerer Druck auf die Kreide gewirkt hätte. Er liegt auch immer tiefer als die Kreide.

Der kohlensaure Kalk findet sich krystallisirt als Kalksinter (der in Italien unter dem Namen Travertin als Baustein benützt wird) und als Kalktuff, welcher mehr porös ist. Auch die in so vielen von Kalkstein gebildeten Höhlen, von im Wasser aufgelösten doppelt kohlensauren Kalk, durch Verdunsten des Wassers gebildeten Tropfsteine, bestehen aus concentrisch krystallisirten einfach kohlensauren Kalk (der im Wasser nicht mehr löslich ist *). Der sogenannte körnige Kalkstein (auch Urkalk,

*) Der im Wasser aufgelöste doppelt kohlensaure Kalk ist eigentlich eine chemische Verbindung aus (einfach) kohlensaurem Kalk und kohlensau-

Marmor rc. genannt) ist ebenfalls noch krystallinisch; dagegen sind in dem derben Kalkstein Krystalle nicht mehr wahrzunehmen; eben so wenig in den geschichteten Kalksteinlagern, welche letztere dadurch sich gebildet haben, daß Kalkstaub (als Schlamm) massenhaft in das Meer gespült worden ist. Der derbe Kalkstein muß in kohlensaurem Wasser des Meeres aufgelöst gewesen sein und sich aus selbigem durch chemische Zersetzung eben so niedergeschlagen haben, wie heute noch das sogenannte harte Brunnenwasser, wenn die Kohlensäure des Wassers (etwa durch Kochen) vertrieben wird, den kohlensauren Kalk als Bodensatz fallen läßt oder auch als sogenannten Pfannenstein absetzt.

Die, zu den Säuren gehörige binäre Verbindung und die stärkste Sauerstoffsäure, nämlich die Schwefelsäure, kommt zu Salzen und Doppelsalzen verbunden vor, im Gyps, welcher schwefelsaure Kalkerde ist (und welcher, krystallisirt, Alabaster genannt wird und, wenn er wasserfrei ist, Anhydrit heißt), — ferner in den verschiedenen sogenannten Vitriolen (Eisenvitriol, Kupfervitriol u. s. w.), in den verschiedenen Alaunen rc. rc.; welche Salze und Doppelsalze alle im Wasser löslich sind und sich daher auch aus dem Meerwasser niedergeschlagen haben können, mittelst chemischer Zersetzung, oder auch durch Verdunstung des Wassers. Auch enthält das Meerwasser heute noch neben kohlensauren, viele schwefelsaure Verbindungen, z. B. Vitriole, Bittersalz (schwefelsaure Talkerde), Glaubersalz (schwefelsaures Natron) und schwefelsaures Kali aufgelöst (sowie noch Chlor-Natrium, d. h. Kochsalz und andere Chlorverbindungen, auch Jodverbindungen); weshalb es bis jetzt nicht gelungen ist, aus dem Meerwasser Trinkwasser zu bereiten, und das Meerwasser auch nicht zum Kochen der Speisen

---

rem Wasser. — Genau genommen kann man also eigentlich nicht von doppelt kohlensaurem Kalk sprechen.

verwandt werden kann, ohne der Gesundheit des Menschen nachtheilig zu werden.

Die weiteren Sauerstoffsäuren, als die Arseniksäure, die verschiedenen Chromsäuren, die verschiedenen Salpetersäuren, die verschiedenen Phosphorsäuren, die Chlorsäure (Sauerstoff-Chlor), die Oxalsäure (3 Atome Sauerstoff und 2 Atome Kohlenstoff) treten in ihren Verbindungen (in der Natur) nicht so massenhaft auf, oft nur in sehr geringen Mengen.

Es giebt aber auch Wasserstoffsäuren, d. h. es giebt auch „saure" binäre Verbindungen aus Wasserstoff und einem andern einfachen Stoff, der nicht Sauerstoff ist. Dahin gehören die Salzsäure (Chlor-Wasserstoff), die Flußsäure (Fluor-Wasserstoff), die Schwefel-Wasserstoffsäure (Schwefel-Wasserstoffgas) u. s. w. — Verbinden sich Wasserstoffsäuren mit binären Sauerstoffverbindungen (als Basen), so entstehen meistens keine Salze, sondern der Sauerstoff der Basis verbindet sich mit dem Wasserstoff der Säure zu Wasser, und der andere Grundstoff der Base mit dem andern Grundstoff der Säure zu einer bloß binären (Chlor-, Fluor-, Schwefel- ꝛc.) Verbindung, wie ich früher bei'm Kochsalz beschrieben habe.

Dann giebt es binäre Verbindungen, welche Säuren sind, in denen aber der Schwefel der saure Grundstoff ist.

Salze, welche aus Sauerstoffsäuren gebildet sind, nennt man Sauerstoffsalze; die Wasserstoffsalze werden auch Haloidsalze genannt; Schwefelsalze endlich werden diejenigen genannt, in denen der Schwefel der saure Grundstoff der zur Verbindung verwandten Säure ist, also in der Säure die Stelle des Sauerstoffs oder des Wasserstoffs vertritt.

Unter den binären Verbindungen, welche Basen sind, werden die Sauerstoff-Verbindungen auch Oxyde, auch Suboxyde oder Oxydule und Ueberoxyde (Super- oder Hyper-Oxyde) genannt, je nachdem sie weniger oder mehr Sauerstoff enthalten, als die Oxyde. Das oben (helles oder

dunkles) „Verbrennen" genannte Verbinden des Sauerstoffs mit dem andern Stoff, heißt hier auch das „Oxydiren" des letzteren; bei den Metallen wurde es in der ältern Chemie auch das „Verkalken" derselben genannt, und was jetzt Metalloxyd heißt, hieß damals „Metallkalk." — Das reine Metall hieß Metallkönig. — Das reine Metall aus den Oxyden (oder andern Verbindungen) herstellen, heißt das Reduciren der Metalle.

Wie wir oben bereits gesehen haben, ist der Sauerstoff unter allen einfachen Stoffen der sauerste. Man kann sich daher nicht wundern, daß, wo der Sauerstoff mit irgend einem anderen (einfachen) Stoff in Verbindung tritt, er in der Regel mehrere Verbindungen eingeht, mit bezüglich 1, 2, 3, 4, 5 ꝛc. Mg. Sauerstoff zu 1 Mg. des anderen Stoffes in so ferne jede früher erhaltene Verbindung noch immer basisch ist gegen den Sauerstoff. — Dabei entstehen entweder lauter (verschiedene) Säuren (wie in dessen Verbindungen mit Schwefel), oder, wenn auch zuerst Oxyde, doch dann die Säuren, sobald noch mehr Sauerstoff hinzutritt.

Und wo Stoffe mit Sauerstoff in Verbindung nur Oxyde geben, — wie dieß bei den meisten Metallen der Fall ist, — obgleich man auch nur Arseniksäuren hat und nur eine (Silicium-) Kiesel-Säure, und kein Arsenik-, auch kein Kiesel-Oxyd, — da nimmt doch das Oxyd einen desto saueren Charakter an, je mehr Sauerstoff es enthält, so daß häufig Oxyde mit Oxydulen derselben Stoffe sich selber wieder chemisch verbinden, wo dann das Oxyd die Stelle der Säure vertritt, das Oxydul aber die Basis bleibt.

Folgende Beispiele mögen dieß erläutern: Der Schwefel giebt mit dem Sauerstoff nur Säuren: 1) die schwefelige Säure, ein Gas aus 2 Mg. (16 Pfund) Sauerstoff und 1 Mg. (16 Pfund) Schwefel, dessen Mischgsgew. 32 ist; 2) die Schwefelsäure, 3 Atome Sauerstoff und 1 Atom Schwefel,

so daß ihr Mischgsgw. 40 ist; 3) eine chemische Verbindung der schwefeligen Säure mit Schwefel, die unterschwefelige Säure, deren Mischgsgew. 48 ist, nämlich 1 Atom schwefelige Säure (32 Pfund) mit 1 Atom Schwefel (16 Pfund), so daß sie 2 Atome Sauerstoff und 2 Atome Schwefel hat.

Ein Mg. (Mischungsgewicht) Sauerstoff mit 2 Mg. Quecksilber giebt das (schwarze) Quecksilber-Oxydul (Suboxyd, Unteroxyd); 1 Mg. Sauerstoff mit 1 Mg. Quecksilber giebt das (rothe) Quecksilber-Oxyd.

Der Kohlenstoff giebt mit dem Sauerstoff ein Oxyd (das Kohlenoxydgas, 1 Mg. Kohlenstoff mit 1 Mg. Sauerstoff) und auch eine Säure (die Kohlensäure, 1 Mg. Kohlenstoff mit 2 Mg. Sauerstoff); endlich die Oxal-(Sauerklee)säure, welche aus 3 Atomen Sauerstoff und 2 Atomen Kohlenstoff besteht, und eine chemische Verbindung aus den beiden vorbenannten Stoffen ist, wie aus ihrem Mischungsgewicht (36) hervorgeht.

Ein Mischungsgew. Mangan-Metall verbindet sich mit 1, 1½, 2, 3 und 3½ Mg. Sauerstoff zu Mangan-Oxydul, Mangan-Oxyd, Mangan-Superoxyd (Braunstein), Mangansäure und Uebermangansäure, — und das Manganoxyd wird als eine chemische Verbindung aus Mangan-Superoxyd mit Mangan-Oxydul angesehen, mithin nicht als eine binäre Verbindung, sondern als ein Salz, weil sein Mg. (80) der Summe der Mg. (36 und 44) der beiden erstgenannten Stoffe gleich ist. — Es giebt auch Mangan-Oxyd-Oxydul, welches aus 4 Mg. Sauerstoff und 3 Mg. Mangan besteht. Die Uebermangansäure hat, genau genommen, 7 Mg. Sauerstoff und 2 Mg. Mangan, so daß ihr Mg. 112 ist.

Aehnliches liefert das Chrom-Metall, dessen Sauerstoff-Verbindungen sich alle durch ausnehmend schöne Farben auszeichnen.

Nach dem Sauerstoff ist der Schwefel der sauerste einfache Stoff; daher verbinden sich auch von ihm nicht bloß 1, sondern

auch 2, 3, 4, selbst 5 Mg. mit 1 Mg. eines weniger sauren Stoffes, besonders eines Metalls. Es giebt einfach und doppelt Schwefeleisen (Schwefelkies heißt das letztere). Es giebt Halbschwefelkupfer (8 Pfund Schwefel mit 64 Pfund Kupfer) d. h. 1 Mg. Schwefel mit 2 Mg. Kupfer. Es giebt anderthalb und drittehalb Schwefel-Antimon und wiederum eine Verbindung beider, welche letztere aus 4 Mg. (64 Pfund) Schwefel und 2 Mg. (128 Pfund) Antimon besteht. Es giebt auch anderthalb, drittehalb und zweifaches Schwefel-Arsen *) u. dgl. m.

Da nur die binären Sauerstoff-Basen Oxyde genannt werden, so giebt es auch binäre Basen, die nicht Oxyde sind; eine solche ist das dritte der drei sogenannten Alkalien, nämlich das Ammoniak, eine Verbindung aus Stickstoff und Wasserstoff. Alle drei Alkalien, das Kali und das Natron, welche beide Oxyde sind (Sauerstoff-Kalium und Sauerstoff-Natrium), wie das Ammoniak, sind sehr starke Basen und sämmtlich in Wasser auflöslich, weshalb solche Steinmassen, welche Alkalien enthalten, sehr leicht verwittern. — Das Ammoniak ist übrigens ein Gas. — In Wasser aufgelöst wird es Ammoniak- auch Salmiak-Geist genannt. — Rothe, von Säuren, besonders von Obstsäuren, auf schwarzen (besonders Seiden-) Zeugen hervorgebrachte Flecken verschwinden sogleich, wenn man sie mit solchem Ammoniakgeist betupft und dann mit Wasser abwäscht; eben weil sich dieß Alkali mit der Säure zu einem in Wasser löslichen Salze verbindet.

Zur Unterscheidung der Säuren und Basen hat der Chemiker einige Hauptkennzeichen. — Was das Lackmuspapier roth färbt ist eine Säure; was das rothe Lackmuspapier wieder blau färbt, ist eine Base. — Was das Curcumapapier braunroth färbt ist eine Base; was das braunrothe Curcumapapier wieder hellgelb macht, ist eine Säure. — Was Kali sättigt ist eine Säure; was aber

*) Der weiße Arsenik ist Sauerstoff-Arsen, Arsensäure.

Schwefelsäure sättigt, ist eine Basis (Base) *). — Um aus einem Salze die Säure desselben frei zu machen, wendet man am häufigsten die Schwefelsäure an; die Basis des Salzes verbindet sich lieber mit der letztern und läßt deshalb die erstere (nämlich die des Salzes) los. — Um aber aus einem Salze die Basis auszuscheiden, kann man meist solches durch Kali bewirken, sehr häufig aber auch durch Kalkerde, die ebenfalls eine starke Basis ist, und dazu die Wohlfeilheit für sich hat; Kalkerde, (d. h. frisch gebrannter Kalk) wird sogar angewendet, um das Kali aus der Pottasche, und das Natron aus der Soda auszuscheiden. Die Kalkerde verbindet sich lieber mit der Kohlensäure der Pottasche oder der Soda, und das Kali oder das Natron wird frei.

Für die Hausfrauen, welche Seife kochen, ist es vielleicht interessant, zu erfahren, daß jede Seife nichts weiter ist, als eine chemische Verbindung aus irgend einem Fett oder Oel, mit Kali oder Natron. Die Kali-Seifen werden nicht fest; will man also nicht Schmierseife, sondern eine feste haben, so muß man Natron statt des Kali nehmen; da nun die Soda kohlensaures Natron ist, so kann man Soda nehmen, die aber nun von ihrer Kohlensäure befreit werden muß; dieß letztere bewirkt der (frisch gebrannte) Kalk, welcher zu der Kohlensäure eine größere Verwandtschaft hat, als das Natron. Läßt man also eine starke

---

*) Das heftige Bestreben der Säuren, sich mit andern, besonders mit nicht sauren Stoffen zu verbinden, ist die Ursache, daß sie auf so viele Stoffe zerstörend einwirken, auch den Geschmacksnerven das Gefühl eindrücken, das wir eben sauer nennen. — Das eben so heftige Bestreben der starken Basen, sich mit anderen, besonders nicht basischen Stoffen zu verbinden, muß auf viele Stoffe ebenfalls zerstörend einwirken; den Geschmacksnerven aber machen sie das Gefühl des scharfen, laugigen; denn die Lauge aus der Asche des harten, besonders des Buchenholzes, ist nichts weiter als eine Kali-Auflösung, folglich die Auflösung einer starken Basis.

Sodaauflösung (in Wasser; so viel Soda als das Wasser nur immer aufzulösen vermag, also eine gesättigte Sodaauflösung) über frisch gebrannten Kalk ablaufen, so läuft eine Natronauflösung ab, weil die Kohlensäure der Soda sich mit dem Kalke zu kohlensaurem Kalk verbindet, der im Wasser unauflöslich ist. Diese Natronauflösung wird dann mit dem Fett oder Oel zusammengekocht, und, — wenn die Mischungsgewichte gehörig beobachtet worden sind, — die feste Seife ist fertig. Hat sie einen Ueberschuß an Fett, so taugt sie nichts; eher kann sie einen kleinen Ueberschuß an Natron haben, weil der Schmutz in der Regel fettiger Natur ist.

Will man nicht Soda nehmen, sondern lieber starke Lauge aus Buchenasche, welche eine Auflösung von kohlensaurem Kali ist, so muß man erstlich wiederum Kalk nehmen, wie vorher, um die Kohlensäure zu entfernen, aber auch noch eine hinreichend große Menge von Kochsalz (Chlor-Natrium); das Chlor verbindet sich dann mit dem Kalium der Lauge zu Chlor-Kalium, welches im Wasser aufgelöst bleibt; und das Natrium des Kochsalzes verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kali der Lauge, zu Natron und letzteres dann mit dem Fett oder Oel zu Seife; so daß man doch wieder Natronseife hat, wie vorher, als man Soda nahm. — Läßt man aber bei dem letzteren Verfahren das Kochsalz weg, oder nimmt man bei dem ersteren Verfahren, statt der Soda lieber Pottasche (kohlensaures Kali), so erhält man jedesmal Kali-Seife, d. h. breiartige, welche gewöhnlich Schmierseife genannt wird. — Nimmt man zu wenig Kalkerde, so bleibt ein Theil kohlensaures Natron oder kohlensaures Kali unzersetzt und geht für die Seifebereitung verloren; — nimmt man aber zu viel Kalkerde, so löst sich die frei bleibende Kalkerde, die sich nicht in kohlensauren Kalk (welcher im Wasser unauflöslich ist) verwandelt hat, in dem überschüssigen Wasser auf; die Auflösung ist nun nicht mehr eine reine Natron- oder reine Kaliauflösung, und die Seife entspricht

nun abermals nicht den Bedingungen einer guten Seife. — Will beim Kochen einer Seife aus Buchen-Aschen-Lauge die Seife nicht fest werden, so darf man nur noch mehr Kochsalz zusetzen, denn man hatte dann zu wenig davon genommen.

Eine Kenntniß der verschiedenen Verwandtschaftsgrade der sauren Salze und der basischen Salze zu einander, wird ganz auf analoge Weise benützt, um aus einem Doppelsalze, mittelst eines anderen sauren Salzes, das saure einfache Salz des Doppelsalzes auszuscheiden, oder um mittelst eines anderen basischen Salzes das basische einfache Salz des Doppelsalzes frei zu machen.

Sowohl bei dem Mischen der Stoffe, wie auch bei dem Ausscheiden ist die genaue Kenntniß der Mischungsgewichte eine wichtige Sache. Man braucht aber nur die Mischungsgewichte der einfachen Stoffe zu kennen, weil das Mischungsgewicht eines jeden zusammengesetzten Stoffes stets die Summe der Mischungsgewichte seiner Bestandtheile ist.

Will man Kadmium, Blei, Silber, Antimon, Zinn, u. s. w. aus ihren Verbindungen mit dem Sauerstoff, Schwefel, Chlor u. s. w. ausscheiden, so kann man jedesmal vorher genau, und zwar mittelst einfacher Regel de tri, berechnen, wie viel von dem auszuscheidenden Metall, z. B. in 100 Pfund der Verbindung, enthalten ist, vermöge der bekannten Verhältnißzahlen der Bestandtheile. Soll nun die Ausscheidung mittelst Zink geschehen, das mehr basisch ist, als die genannten Metalle, so weiß man, daß dieselbe Menge Säure, welche mit 56 Pfund Kadmium, 104 Pfund Blei, 108 Pfund Silber, 64 Pfund Antimon gesättigt ist, auch durch 32 Pfund Zink gesättigt werden kann. Danach berechnet man wieder nach der Regel de tri die Pfunde Zink, welche man zusetzen muß, um den vorher berechneten Antheil des auszuscheidenden Metalls ganz und vollständig ausgeschieden zu haben. — Gesetzt, man hätte 100 Pfund Schwefel-Silber (welches schwarz ist), so kennt man sein Mg. 124 (weil 16 das Mg. des Schwefels und 108 das Mg. des

Silbers ist). Da also 124 Pfund Schwefelsilber, gerade 108 Pfund Silber enthalten, so kommen auf 100 Pfund Schwefelsilber nothwendig 87 Pfund Silber (etwas weniges darüber). Da man nun zum Ausscheiden von 108 Pfund Silber nur 32 Pfund Zink braucht, so kommen auf die 87 auszuscheidende Pfunde Silber (nach der Regel de tri) nur etwa 25¾ Pfund Zink. Man vereinigt also die 100 Pfund Schwefelsilber mit 25¾ Pfund Zink, und es scheiden sich die 87 Pfund Silber aus, während sich noch 38¾ Pfund Schwefelzink ergeben.

Dieß nach der Theorie. In der Praxis aber verbinden sich Stoffe nicht mit einander, wenn nicht einer davon wenigstens, im flüssigen Zustande sich befindet, d. h. entweder im aufgelösten oder im geschmolzenen. Die Praxis muß daher stets hierauf, wie noch auf manches andere Rücksicht nehmen.

Zu den neutralen binären Verbindungen gehört unter andern namentlich das Wasser; sein Mg. ist 9 (1 Atom Sauerstoff und 1 Atom Wasserstoff). — Es mischt sich mit sehr vielen Stoffen, mit Säuren (wo es dann die Base bildet) und mit Basen (wo es dann als Säure auftritt). Die neuen Stoffe sind flüssig (Auflösungen), oder fest. — Bei Salzen, welche Wasser enthalten, aber im festen (krystallisirten) Zustande sich befinden, sagt man dann, sie hätten Krystallisationswasser, und man betrachtet diese Verbindungen des Wassers mit Salzen, die fest sind, gar nicht als chemische, sondern mehr als mechanische Verbindungen, obwohl, wie mir scheint, mit Unrecht, da sie das Wasser stets nach Mischungsgewichten enthalten, wie dieß die chemischen Verbindungen erfordern. Das krystallisirte schwefelsaure Natron (Glaubersalz) hat 10 Mg. Wasser (90 Pfd.) auf 1 Mg. schwefelsaures Natron (71 Pfund); das krystallisirte phosphorsaure Natron hat 12 Mg. Wasser (108 Pfd.) auf 1 Mg. phosphorsaures Natron (67 Pfund). — Das krystallisirte kohlensaure Natron hat 10 Mg. Wasser (90 Pfund) auf 1 Mg. kohlensaures Natron (kalzinirte Soda, 53 Pfund). Das ver-

witterte krystallisirte kohlensaure Natron hat nur noch 1 Mg. Wasser (9 Pfund) auf 1 Mg. kohlensaures Natron (53 Pfund). — Warum sollten also diese Verbindungen mit Wasser nicht chemische sein?

Die festen Verbindungen aus Wasser, welche man für chemische hält, werden Hydrate genannt. So ist der Eisenrost ein Eisenhydrat, d. h. eine chemische Verbindung von Eisenoxydul mit Wasser. So giebt es einen Kalkhydrat, der 1 Mg. Wasser enthält (9 Pfund), zu 1 Mg. Kalk (28 Pfund). — Aetzkalk hat mehr Wasser; — Kalkmilch noch mehr, und Kalkwasser hat ungemein viel mehr Wasser (das 1280fache der Kalkerde, wenn es kochend ist; nur das 650fache, wenn es eiskalt ist; und das 753fache, wenn es 12° R. Wärme hat). Weil aber diese drei letztern Verbindungen des Wassers mit Kalk, nicht feste Körper sind, so werden sie nicht Hydrate, sondern Auflösungen genannt.

Nimmt man 7 Pfund geglühtes schwefelsaures Natron (geglühtes Glaubersalz) mit 9 Pfund Wasser zusammen, so erhält man einen durchsichtigen steinharten Klumpen.

Wenn bei Mischungen ein Knall, eine Explosion erfolgt (bei Schießpulver, Schießbaumwolle, Knallsilber, Knallgold, chlorsaurem Kali, Knallgas, besonders aber Chlorstickstoff), so geschieht dieß entweder dadurch, daß vorhandene Gase plötzlich stark erhitzt und dadurch elastischer werden, einen größeren Raum einzunehmen streben; — meist und vorzüglich aber dadurch, daß feste oder tropfbar flüssige Körper plötzlich in Gase verwandelt werden, die oft den tausendfachen und zweitausendfachen *) Raum einnehmen, und sich diesen mittelst ihrer großen Elastizität (Expansivkraft) zu verschaffen suchen. Schon mancher Chemiker hat durch solche unerwartete Explosionen ein Auge oder sogar das Leben verloren.

---

*) Ungefähr 2000 Maaß Wasserstoff und Sauerstoff in dem richtigen Verhältniß gemischt, geben 1 Maaß Wasser.

Es können aber solche Detonationen (Knalle) aus dem entgegengesetzten Grunde, nämlich deshalb entstehen, weil gasförmige Stoffe sich mit einander zu einem flüssigen (oder festen) Körper verbinden, der einen, einige Tausend mal kleineren Raum einnimmt; es entsteht also an dieser Stelle ein leerer Raum, in welchen nun die umgebende Luft von allen Seiten rings herum, mit der durch die Größe des Luftdrucks bedingten Geschwindigkeit hineinströmt und zusammenstößt. — Das merkwürdigste Beispiel hiervon sind die Gewitter. — Wenn meine früher ausgesprochene Vermuthung richtig wäre, daß nämlich bei dem gegenseitigen Reiben zweier Körper, die in beiden gestörten Elektrizitätszustände nicht bloß dadurch sich zeigen, daß in jedem derselben, wenn sie beide isolirt sind, entgegengesetzte Elektrizitäten auftreten, sondern auch dadurch, daß die beiden verschwundenen Elektrizitäten sich mit einander chemisch zu dem verbunden haben, was wir Wärme nennen, — wenn also die Ansicht richtig wäre, daß die Wärme aus den beiden Elektrizitäten zusammengesetzt ist, — so könnten uns die Thatsachen nur naturgemäß vorkommen, einmal, daß man bei'm Ausströmen des Dampfes aus Dampfkesseln elektrische Erscheinungen wahrnimmt, dann überhaupt, daß da Elektrizität sich zeigt, wo ein Körper nicht bloß aus dem Dampfzustand in den flüssigen, sondern auch aus dem flüssigen Zustand in den festen übergeht; ja daß man dasselbe auch bei dem Uebergang des festen Zustandes in den flüssigen, und des flüssigen in den dampfförmigen wahrnimmt. — Wird also der Wasserdampf in der Luft (in der Regel durch große Hitze) in seine beiden Bestandtheile zersetzt, nämlich in Wasserstoff und Sauerstoff, so entsteht ein Gemenge aus Wasserstoff, Sauerstoff (und Stickstoff), ein sogenanntes Knallgas (die Wetterwolken); der entstehende elektrische Funke zündet dieses an und verwandelt einen großen Theil der Luftmasse in Wasser, welches einen so sehr viel kleineren Raum einnimmt; daher der Knall und sein Wie-

derhall, der uns als **Donner** bekannt ist. Das Entzünden ist der **Blitz**. **Unterhalb** der Wetterwolken (d. h. des Knallgasgemenges) befinden sich in der Regel die (schwereren) Dünste, welche von dem erzeugten und herabfallenden Wasser mit zersetzt werden, wodurch sich die oft so große Masse des Regens während des Blitzens und Donnerns erklärt. Das Gewitter ist also eigentlich ein fortwährend abwechselnder Prozeß des Zersetzens des Wasser**dampfes** und wiederum des **Wasser**bildens, so daß bei dem Zersetzen die Elektrizität sich bildet, welche das Anzünden der durch das Zersetzen gebildeten Knallluft bewirkt und dadurch wieder zur Bildung des Wassers beiträgt. — Das sogenannte **Wetterleuchten**, bei welchem kein Donner gehört wird, mag genau dasselbe sein, nämlich ein Gewitter, aber so entfernt von dem Beobachter, daß er zwar die Blitze noch sieht, aber den Donner nicht mehr hört, da die Schallwellen bei weitem nicht so weit sich fortpflanzen, als die Lichtwellen es thun. — Aus dieser Ansicht der Gewitter erklären sich auch die fast täglichen heftigen Gewitter, welche die Schifffahrer in der heißen Zone kennen zu lernen die Gelegenheit haben, aus der größeren Menge Wasserdampfes, der dort täglich erzeugt und dann zum Theil wieder zersetzt wird.

Der Chemiker muß sich aber bei seinen Arbeiten nicht bloß vor Explosionen hüten, sondern auch davor, daß er durch Entwickelung schädlicher Gase oder Dämpfe, die ihm zuweilen noch ganz unbekannt sein können, nicht vergiftet werde, oder daß er sich nicht durch unvorsichtiges Umgehen mit tödtlichen Stoffen den Tod bereite, was öfter schon geschehen ist. Zu diesen Giften gehört namentlich auch die arsenige Säure (Sauerstoff-Arsen) und die Blausäure, welche entsteht, wenn man zuerst Kohlenstoff und Stickstoff mit einander zu **Cyan***), dann aber dieses

*) Das schöne Berliner-Blau ist Cyan-Eisen. — Cyan-Eisen-Kalium wird im Handel (obwohl mit Unrecht) **blausaures** Kali genannt

Cyan noch mit Wasserstoff verbindet, so daß sie eine Verbindung aus Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff ist. Sie tödtet schnell in geringer Menge.

Folgende Thatsachen geben über die Veränderungen, welche die Eigenschaften der einfachen Stoffe durch ihre Verbindungen erleiden, klare Belege.

Das Fleisch ist eine Verbindung aus Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, also aus 4 einfachen Stoffen. — Verbindet man drei derselben, ohne den Sauerstoff, so hat man die Blausäure; verbindet man wieder drei derselben, aber dießmal ohne den Wasserstoff, so hat man die Kohlenstickstoffsäure; läßt man endlich den Kohlenstoff weg, so geben die drei übrigen Stoffe, Salpetersäure mit Wasser (Scheidewasser). — Die Salpetersäure mit Kali oder Natron verbunden, giebt dann die beiden Salpeter-Arten, nämlich den gewöhnlichen Salpeter, oder den Chili-Salpeter.

Am Schlusse dieser Vorlesung will ich noch einiges nachtragen.

Freie (ungebundene) Metalle, wenn sie in oder auf der Erde gefunden werden, nennt man gediegene. Im gediegenen Zustand findet man Gold, Platin, Quecksilber, Kupfer, Silber; — selbst Eisen, — häufiger aber findet man die Metalle in ihren Verbindungen.

Das Reduciren der Metalle aus ihren Sauerstoff-Verbindungen geschieht am leichtesten durch Kohle, die sich mit dem Sauerstoff lieber verbindet, und dann als kohlensaures Gas entweicht. — Auch Schwefel wird zuweilen unverbunden gefunden; häufiger wird er aber aus seinen vielen Verbindungen mit Metallen gewonnen. — Phosphor findet man nie frei, weil er sich sofort mit dem Sauerstoff zu phosphoriger Säure und Phosphorsäure verbindet, d. h. verbrennt. — Man kann ihn daher

---

und in großen Massen fabrizirt, weil es zum ächt blau-färben der Wollenzeuge benützt wird.

nur aus seinen Verbindungen (den Phosphorsalzen) gewinnen. — Kohlenstoff findet sich als Diamant rein und krystallisirt. Im Graphit (Bleistiftmasse) sind 95 Prozent Kohlenstoff und 5 Prozent Eisen. — In der Holzkohle findet sich der Kohlenstoff mit kohlensaurem Kalk, kohlensaurem Talk, Kali und Natron in Verbindung, wie auch mit noch einigen anderen Stoffen; in der Steinkohle auch noch mit Bitumen oder Erdpech. — Jod ist ein fester Körper mit etwas metallischem Glanze; es wird aus verbrannten Meerpflanzen, vorzüglich aus dem Seetang gewonnen, ebenso wie die Soda *).

Ganz und vollkommen rein, ohne alle fremde Bestandtheile ist ein Stoff selten oder nie; und dieß gilt sogar von den künstlich bereiteten, welche ganz rein sein sollten. Wenn ich daher von einem Naturprodukt die chemische Zusammensetzung angebe, so ist stets daran zu denken, daß es in der Wirklichkeit fast immer mit noch manch anderen Stoffen in geringen Quantitäten verunreinigt vorkommen wird.

Wenn bei allen den chemischen Verbindungen, die ich bis jetzt beispielsweise angeführt habe, stets Wärme erzeugt wurde, d. h. eine Temperatur-Erhöhung eintrat, so muß ich doch auch noch einige Beispiele anführen, wo Kälte erzeugt wird, d. h. eine Temperatur-Erniedrigung sich zeigt. Es ist die Kenntniß solcher Gemische auch für den bürgerlichen Haushalt nützlich und für manche Gewerbe.

Nimmt man

3 Theile Salmiak, 5 Th. Salpeter und 16 Th. Wasser, so wird die Mischung um 20° R. kälter als die Umgebung;

3 Th. Glaubersalz und 2 Th. Salpetersäure geben eine Mischung die 22° kälter wird;

8 Th. Glaubersalz und 5 Th. Salzsäure werden um 24° kälter;

---

*) Soda bereitet man jetzt vorzüglich aus dem Kochsalze, wobei die Salzsäure ein Nebenprodukt ist.

1 Th. Schnee und 1 Th. Kochsalz werden um 14° kälter; in den Eiskellern pflegt man daher immer das Eis mit Kochsalz zu versetzen;

3 Th. salzsaurer Kalk und 2 Th. Schnee geben eine Temperatur-Erniedrigung von 36°; aber

2 Th. salzsaurer Kalk mit 1 Theil Schnee nur 30°;

1 Th. Schnee und 1 Th. Schwefelsäure geben eben so viel;

1 Th. Schnee und 1 Th. Salpetersäure geben 21° Kälte.

Die Materialien müssen, soll die größtmöglichste Temperatur-Erniedrigung eintreten, fein pulverisirt sein; die Mischung muß gut und schnell umgerührt werden; die Schwefelsäure muß vorher mit Wasser so weit verdünnt sein, daß ein neuer Zusatz von Wasser sie nicht mehr erhitzt; diejenigen Salze, welche Krystallisationswasser in sich aufnehmen (d. h. die, indem sie sich mit Wasser mischen, mit dem letzteren, an diesen Stellen nicht flüssig werden, sondern im Gegentheil, das Wasser mit sich festmachen, wodurch die im Wasser gebundene Wärme frei wird, so daß sie sich dadurch erhitzen), müssen letzteres vorher schon bekommen haben; endlich muß da, wo man Schnee nimmt, die Temperatur der Umgebung nicht über 0° haben, d. h. nicht über dem Gefrierpunkt stehen. — Die Ursache dieser Erkältungen ist vorzüglich darin zu suchen, daß ein fester Körper in einen flüssigen, oder ein tropfbar flüssiger in einen dampf- oder gasförmigen übergeht, und dadurch eine größere Menge Wärme gebunden wird, folglich als freie Wärme verloren geht. Je schneller und vollständiger dieß erreicht wird, desto größer wird, unter gleichen Umständen, die Erkältung sein.

Thilorier zu Paris hat durch 36 Atmosphären starken Druck, die an sich gasförmige Kohlensäure tropfbar flüssig gemacht, dann aber einen Strahl dieser Flüssigkeit in ein Gläschen geleitet; die dadurch erzeugte Kälte, daß ein Theil der flüssigen Kohlensäure, sowie solche dem Druck nicht mehr ausgesetzt war, sofort wieder in ihre Gasform zurücktrat (und welche

Thilorier auf 80° R. schätzte, machte den übrigen Theil der Kohlensäure fest und sie zeigte sich in einer Menge weißer Flocken im Gläschen. Eine Mischung von tropfbar flüssiger oder fester Kohlensäure, mit Schwefeläther, erkältet ebenfalls ungemein. — Quecksilber kann man aber auch schon dadurch zum Gefrieren bringen, daß man die Kugel eines Thermometers mit Baumwolle umwickelt, darauf wasserförmige schwefelige Säure tröpfelt und diese der Verdampfung in trockener und kalter Luft aussetzt. Das Quecksilber sinkt schnell auf ungefähr 29° R. und wird dann fest, indem es plötzlich einen viel kleineren Raum einnimmt und ganz an oder in die Kugel sich zurückzieht. Diese letzteren Erkältungen rühren alle von dem schnellen Uebergange des tropfbar flüssigen Körpers in einen gas-(dampf)förmigen her, wodurch so sehr viele Wärme gebunden wird.

Dabei kann ich nicht folgende Bemerkung unterdrücken. Wir leben in einer Temperatur, die etwa zwischen 30° R. Kälte und zwischen 30° R. Wärme wechselt. Nun können wir eine künstliche Wärme hervorbringen, die bis zu 3000° und darüber geht, ja vielleicht bis zu 6000° (durch Brenngläser, Brennspiegel, besonders aber durch den chemischen Prozeß des Verbrennens und durch die Voltaische Säule), während die größte Kälte, welche bis jetzt erzeugt worden ist, höchstens auf 80° geschätzt wird. Könnten wir nun auch eine Kälte bis zu 3000° künstlich erzeugen, welche interessanten neuen Aufschlüsse über das chemische Verhalten der Stoffe zu einander könnten wir vielleicht dadurch erhalten. Wir wissen z. B., daß die beiden mechanisch mit einander verbundenen Bestandtheile der atmosphärischen Luft, nämlich Sauerstoff und Stickstoff, sich direkt (d. h. ohne Dazwischenkunft eines dritten Stoffes) gar nicht mit einander chemisch verbinden, und daß, wenn sie es thäten, die atmosphärische Luft sich in Stickoxydulgas, oder in Stickoxydgas, oder in salpetrige Säure, oder in Salpetersäure verwandeln würde, denn diese vier eben genannten Stoffe sind

chemische Verbindungen aus Sauerstoff und Stickstoff. Wir wissen ferner, daß Wasser in Dampfform bei großer Hitze sich wieder in die Bestandtheile desselben, nämlich in Sauerstoff und Wasserstoff, zerlegt. Kühlen sich nun letztere wieder von dieser übertriebenen Hitze etwas ab, so daß sie die bezüglich niedrigere (wenn auch an sich noch hohe) Temperatur annehmen, unter welcher sich Sauerstoff und Wasserstoff chemisch mit einander verbinden, so entsteht sogleich wiederum das Wasser als eine Verbindung beider. — Ebenso möglich wäre es nun aber auch, daß Sauerstoff und Stickstoff sich bloß deßhalb nicht direkt mit einander verbinden, weil die gewöhnliche und niedrigste Temperatur, welche die atmosphärische Luft annimmt, für die direkte chemische Verbindung ihrer Bestandtheile mit einander, noch zu hoch ist, und daß die letztere statt finden würde, wenn es uns gelänge, den dazu nöthigen Kältegrad hervorzubringen.

Ferner mache ich noch auf Folgendes aufmerksam:

1) Im Augenblicke einer möglichen Mischung muß wenigstens einer der sich mischenden Stoffe im flüssigen Zustande sein. Zwei feste Körper können eine große chemische Verwandtschaft zu einander haben und in dem feinstgepulverten Zustande mit einander gemengt sein, und sie werden sich doch nicht mit einander mischen*), höchstens nur in etwas verändern, das letztere besonders wenn es ihnen vielleicht gelingen sollte, Feuchtigkeit aus der Luft an sich zu ziehen. Wenn wir daher in so vielen Felsarten z. B. kieselsaure Thonerde als neuen, eigenthümlichen, von der Kieselerde und von der Thonerde verschiedenen Stoff

---

*) Doch giebt es Ausnahmen. Nimmt man 1 Loth Schwefel und 4 Loth Kupfer, beide fein gepulvert, und rührt man dieses Pulver wohl durch einander, so erhitzt sich das Ganze bis zur Glühhitze, weil sich der Schwefel mit dem Kupfer chemisch verbindet zu Schwefelkupfer.

(nämlich den Thon) vorfinden, so müssen wir voraussetzen, daß wenigstens eine von beiden Erdarten zur Zeit der Mischung flüssig gewesen ist, oder alle beide.

2) Wenn aus einem flüssigen Körper, sei es durch Erkaltung oder durch Verdunstung, ein Theil oder das Ganze, in den festen Zustand zurücktritt, und dieß langsam genug geschieht, so bilden sich allemal Krystalle, d. h. Körpertheile von ganz bestimmter regelmäßiger Gestalt, welche ebene Grenzflächen und bestimmte Spaltungsflächen haben (die jedoch dem Auge meistens verborgen sind). Diese Gestalt ist bei verschiedenen Stoffen in der Regel eine verschiedene, zuweilen aber auch eine und dieselbe; in diesem letztern Fall heißen die Stoffe isomorphe (gleichgestaltete). So zeigt sich jede chemische Verbindung irgend einer Basis mit der Arseniksäure, isomorph mit der Verbindung derselben Basis und der Phosphorsäure; eben so sind alle selensauren, chromsauren und schwefelsauren Salze isomorph. Zu bemerken ist dabei, daß die isomorphen Stoffe stets auch in einem und demselben Atomen-Verhältniß aus ihren Grundstoffen zusammengesetzt sind.

Einige Stoffe haben die Eigenthümlichkeit, daß sie in zwei (oder mehr) verschiedenen Gestalten krystallisiren, und sie werden deshalb bimorphe (oder dimorphe) Stoffe genannt. So erscheint der Kohlenstoff als Diamant und als Graphit; so krystallisirt der Schwefel in zwei verschiedenen Formen, je nachdem selbiger bei einer höheren Temperatur fest wird, oder bei einer niedrigeren; so zeigt sich auch der kohlensaure Kalk in zwei Krystallformen, einmal als Kalkspath und dann als Aragonit. Bei den Krystallformen, welche in höherer Temperatur entstehen, scheint in den Krystallen noch gebundene Wärme vorhanden zu sein; denn mehrere dieser bimorphen Stoffe gehen mit der Zeit von selber aus der erstern Form in die andere über; andere thun dieß erst, wenn man sie erwärmt, ohne daß sie jedoch auf's Neue flüssig gemacht werden.

3) Sind mehrere verschiedene Stoffe, die zu einander neutral sind, d. h. welche sich nicht mehr chemisch mit einander verbinden, im geschmolzen-flüssigen Zustand durch einander gerührt, und läßt man dann das Ganze erkalten, so bilden sich die Krystalle der einzelnen Stoffe desto größer heraus, je langsamer die Erstarrung von Statten geht. Bei etwas schnellerer Erkaltung werden auch hier die Krystalle kleiner, und um so kleiner, je weniger langsam die Erstarrung vor sich geht. Geht die Erstarrung verhältnißmäßig zu schnell von Statten, so erhält man auch hier wieder eine Masse von glasigem Aussehen (eine amorphe), wie wir dasselbe schon früher von einer einzigen homogenen Masse erwähnt haben. — Erhält man aber Krystalle, größere oder kleinere, so liegt doch immer zwischen den verschiedenen Krystallen der einzelnen Stoffe noch ein Theil des einen dieser Stoffe, anscheinlich im nicht krystallisirtem Zustand (d. h. vielleicht, in mikroskopisch kleinen Krystallen) und dieser Stoff wird dann das Bindemittel genannt. So ist beim Granit, der aus Feldspath-, Quarz- und Glimmer-Krystallen besteht, der Quarz das Bindemittel; bei der Porphir Gattung aber, die aus Feldspath- und Augit-Krystallen besteht, ist der Feldspath das Bindemittel.

Da bei den Graniten die Feldspathkrystalle verhältnißmäßig viel größer sind, als dieselben in den Porphyren, und diese wiederum größer als sie in dem sogenannten vulkanischen Gestein vorkommen, so schließen wir daraus, daß die ersteren Massen viel langsamer, die anderen etwas schneller, die dritten noch schneller und die glasartigen (amorphen) am schnellsten sich abgekühlt haben, wenn sie überhaupt durch Abkühlung einer geschmolzenen Masse entstanden sind.

Bei dieser Gelegenheit müssen wir noch einer von Knochenhauer in Meiningen (vor mehreren Jahren) gemachten Entdeckung erwähnen, nach welcher, wenn ein Krystall (an irgend einer seiner Spaltungsflächen) gespalten wird, die beiden

Stücke an der gemeinschaftlichen Grenzfläche, entgegengesetzte Elektrizitäten zeigen; ein Beweis, daß die Polarkraft an der Bildung der Krystalle ihren Antheil hat, wenn sie nicht ganz allein die Krystalle hervorbringt. Doch entsteht dabei die Frage, ob sich nicht vielleicht dieselbe Erscheinung allemal oder doch öfter auch da zeigt, wo überhaupt die Zerstückelung eines festen Körpers statt gefunden hat, da die Cohäsion nicht immer bloß ein Resultat der einfachen Anziehungskraft, sondern sehr häufig eine Folge der Polarkraft sein dürfte.

Siebenzehnte Vorlesung.

Fortsetzung der chemischen Betrachtungen. Organische Stoffe.

Betrachten wir heute zunächst die organischen Körper (d. h. die Pflanzen und Thiere) hinsichtlich der in ihnen vorkommenden Stoffe. Welche Theile der Pflanzen und Thiere man auch untersucht hat, so hat man doch bis jetzt keine anderen einfachen Stoffe gefunden, als nur solche, welche auch in der anorganischen Natur vorkommmen. Die organischen Körper bestehen aber vorzugsweise aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Kalk, Talk, Phosphor, Gyps, Kali, Natron, Kieselsäure, wenig Eisen, zuweilen Jod, zuweilen noch einige andere Stoffe in sehr geringer Menge. Die Hauptrolle spielen aber die vier erstgenannten Stoffe. Die Pflanzen und Thiere bilden nämlich aus den vorgenannten anorganischen Stoffen, und zwar bloß aus den vier ersteren, nämlich aus Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, zusammengesetzte Stoffe, welche außerhalb der organischen Welt nicht vorkommen und welche auch bis jetzt künstlich nicht hervorgebracht werden können, obgleich man ihre Bestandtheile und auch das Mengenverhältniß ihrer Mischung kennt. Deshalb werden diese vier

einfachen Stoffe auch organische Stoffe genannt. Aus diesen vier Elementen und zwar aus allen vieren, bestehen Eiweiß, Faserstoff, Käsestoff und Leim (der Gehalt der Fleischbrühe); aus den drei erstern derselben, nämlich aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff (also ohne Stickstoff) sind zusammengesetzt die Fettarten, Wachs, Gummi, Zucker und Stärkemehl. Der Unterschied zwischen den einzelnen Stoffen einer jeden dieser beiden Gruppen muß oft nur darin gesucht werden, daß es für die Anordnung der kleinsten Theile nicht gleichgiltig ist, welche zwei der genannten Stoffe sich zuerst mit einander verbinden, mit welcher Verbindung dann in der zweiten Gruppe erst noch der dritte Stoff eine neue Verbindung eingeht, in der erstern Gruppe aber jeder der beiden übrigen in verschiedener Folge, oder die chemische Verbindung der beiden übrigen, eine neue Verbindung eingehen kann. Auf diese Weise giebt es eine größere Anzahl von Kombinationen, deren jede zu einem, dem äußern Ansehen nach verschiedenen zusammengesetzten Stoff führen kann, wenn selbst häufig sogar die Mengen-Verhältnisse dieselben sind. Diese Ansicht hat in neuester Zeit in England vorzüglich ihre Vertreter gefunden und in Deutschland hat Löwis in Breslau vieles zu ihrer Begründung gethan.

Nach dem Ableben der Pflanze und des Thiers zerfallen diese Stoffe, vorzüglich durch den Zutritt des Sauerstoffes der Luft wiederum in ihre Bestandtheile, oder sie gehen durch die sogenannte faule, oder saure, oder Wein-Gährung in neue Stoffe (neue Mischungen) über, was vorzüglich von den Stoffen der letztern Gruppe (der stickstofffreien) gilt; sie gehen über in Essig, Bier, Wein, Alkohol (Weingeist), welche Stoffe alle stickstofffrei sind. Die Harze, mit Einschluß des Bernsteins und des Retinits, und die Oele, mit Einschluß des Bitumen oder Erdöls (Naphta, Steinöl, Erdpech, je nachdem es flüssiger, zäher oder fester ist) rühren nur von organischen Körpern (Thieren oder

Pflanzen) her, obgleich es in so großer Menge gefunden wird; auch sie gehören zu den Stoffen der letztern Gruppe und sind stickstofffrei.

Der berühmte landwirthschaftliche Chemiker Liebig behauptet, daß die Nahrungsmittel des Thieres und des Menschen in zwei Klassen getheilt werden müssen, nämlich 1) in stickstoffhaltige, welche ihm die, zum Aufbau seines Körpers nöthigen Materialien liefern, nämlich vorzugsweise den nöthigen Stickstoff, — und dann in solche, welche stickstofffrei sind, und welche bloß den nöthigen Brennstoff liefern, um, durch das Einathmen des Sauerstoffes der Luft, fortwährend zu verbrennen und durch diesen chemischen Prozeß des Aufnehmens des Sauerstoffes (d. h. des Verbrennens), wobei, wie wir wissen, sich jedesmal freie Wärme entwickelt, die thierische Wärme zu ersetzen, von welcher das Thier fortwährend an die äußere, in der Regel kältere Umgebung abgiebt. Danach würden die Thiere und die Menschen bloß von stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln allein leben können, aber nicht von solchen Nahrungsmitteln allein, welche ganz stickstofffrei sind, weil unter den ersteren sich auch das Brennmaterial mit befindet, den letzteren aber der Stoff mangelt, welcher zum Ersatz der abgenutzten Körpertheile nothwendig ist. In der That starben nach des berühmten Pariser Arztes Magendie's Versuchen Hunde, welche bloß mit Zucker gefüttert wurden, nach kürzerer Zeit, während andere, die unter dem Zucker (stickstoffhaltige) Sägespäne gemengt erhielten, noch nach einem Jahre am Leben waren. Weil aber sehr viel Brennmaterial im thierischen Körper verbraucht wird, gegen den nöthigen Ersatz der abgenutzten Körpertheile gehalten, so ist es für Thiere und Menschen gerathen, neben stickstoffhaltigen, mehr stickstofffreie Nahrungsmittel zu sich zu nehmen, oder doch solche, die verhältnißmäßig viel weniger Stickstoff enthalten. Jägervölker und bloß fleischfressende Thiere müssen ein unruhiges Leben führen, um die zu große Quantität des Stickstoffes, welche sie

in ihrem Nahrungsmittel zu sich nehmen, wieder fortzuschaffen; sie müssen sich mehr abnutzen. — Die Milch enthält die zur Erhaltung des Menschen nöthigen Stoffe im richtigsten Verhältniß, im Käse, in der Molke und in der Butter; nichts destoweniger führen Hirtenvölker noch immer nicht das zweckmäßigste Leben, theils weil ihnen die nöthigen erdigen und alkalischen Bestandtheile zu sehr abgehen, theils auch, wenn sie diese durch Fleischessen ersetzen wollen, weil sie dann auch wiederum zu viel Stickstoff aufnehmen. Nur erst die Ackerbau treibenden Völker, denen nicht bloß Fleisch und Milch, sondern auch die große Menge mehl- und zuckerreicher Lebensmittel zu Gebote stehen (namentlich auch das Brod), können die zweckmäßigste Lebensweise führen und die Nahrungsmittel im richtigen Verhältniß zu sich nehmen. — Soldaten, welche viel Fleisch essen, sind die Muthigsten, weil die unruhigsten. — Liebig geht so weit, daß er die stickstofffreien Lebensmittel gar nicht mehr Lebens-Mittel nennen will, sondern Respirations- (Athmungs-) Mittel. — Die nöthigen erdigen und alkalischen Bestandtheile, welche zum Ersatz der abgenutzten Gliedertheile nöthig sind, stecken in der Regel in beiden Gattungen von Lebensmitteln, und das noch nöthige Wasser liefern die Getränke. Daß man gesund und kräftig sein und bleiben könne, wenn man, neben zweckmäßiger Speise, bloß Wasser trinkt, und alle sogenannten geistigen Getränke, wie auch Thee und Kaffee, vermeidet, versteht sich dabei von selbst.

Alle Thiere leben mittelbar oder unmittelbar von den Pflanzen, von der Luft und vom Wasser; die erdigen und alkalischen Stoffe, die sie brauchen, müssen sich also in den Pflanzen vorfinden, und wenn das Huhn in seiner Nahrung nicht genug Kalk bekommt, um die Schale seiner Eier bilden zu können, so legt es sogenannte Windeier oder frißt Mörtel und Eierschaalen dazwischen. — In der That enthalten die Pflanzen dieselben Stoffe wie die Thiere, ja sogar dieselben zusammengesetzten organischen Stoffe, denn der sogenannte Kleber der Pflanzen ist nichts

anders als ein Gemenge von Leim und thierischem Faserstoff (wie er die Fasern des Fleisches bildet) und das, vorzüglich in den Gemüsen, vorkommende Legumin, ist nichts anders als Käsestoff. — Die Pflanzen-Asche von jeder Pflanze (also auch die Holzasche) enthält Kalk, Kieselerde, Natron (Soda), Kali (Pottasche), Kochsalz und eine Verbindung von kohlensaurem Kalk und phosphorsaurem Kalk (sogenannte Knochenerde, weil sie den unverbrennlichen Theil der thierischen Knochen bildet), ferner Gyps; und bei verschiedenen Pflanzen noch einige andere und verschiedene Bestandtheile. Bald herrscht die eine, bald die andere der genannten Substanzen mehr vor, und nach diesem Vorherrschen hat Liebig die Pflanzen eingetheilt in 1) Alkalipflanzen (Kartoffeln, Runkeln rc. rc.); 2) Kalkpflanzen (Klee, Erbsen rc. rc.); 3) Kieselpflanzen (Gräser rc. rc.); 4) Phosphorpflanzen (Roggen, Weizen rc. rc.) Nach diesem verschiedenen Vorherrschen muß denn auch für die einzelnen Pflanzen-Gattungen der Boden und die Düngung gewählt werden. Denn den Kalk, Phosphor, das Kali, das Natron, nimmt die Pflanze aus dem Boden in sich auf, in welchem sie wurzelt, den Stickstoff dagegen meist aus der Luft, und zwar als Ammoniakgas, indem sie den Wasserstoff des Wassers mit dem Stickstoff der Luft zu letzterem verbindet, den Sauerstoff des Wassers aber an die Luft abgiebt. Pflanzenwachsthum macht daher die Luft sauerstoffreicher (zum Athmen der Thiere brauchbarer). Die Thiere dagegen athmen für jeden Kubikzoll Sauerstoff, den sie einathmen, wiederum einen Kubikzoll kohlensaures Gas aus, und mit diesem kohlensauren Gas versehen sich die Pflanzen mit Kohlenstoff, wenn sie anderweitig nicht genug vorfinden. Um die vier einfachen, sogenannten organischen Stoffe (Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff), sowie um die drei aus diesen zusammengesetzten Stoffe, nämlich Wasser, Kohlensäure und Ammoniakgas, — um die Verbindung der erstern zu den letztern, besonders aber um die Zerlegung der letztern in ihre

Bestandtheile, dreht sich vorzugsweise das Leben der Pflanze und des Thieres, welche beide Leben in beständiger Wechselwirkung zu einander stehen. — Und was an diesen Stoffen durch das beiderseitige Leben nicht bloß ausgetauscht, sondern wirklich von dem beiderseitigen Leben verbraucht wird, das kommt wieder aus der Verwesung der abgestorbenen Leiber derselben, in das All zurück. So sehen wir die einzelnen Stoffe weder sich vermehren, noch sich vermindern, und erkennen nur, in der ganzen anorganischen und organischen Natur, einen ewigen Stoff-Wechsel, welcher das Sein (oder das Leben) der ganzen irdischen Welt ausmacht.

Boussingault, ein wissenschaftlich durchgebildeter Gutsbesitzer im Elsaß, stellte auf seinem Gute Bechelbronn die großartigsten Versuche mit der größten wissenschaftlichen Schärfe an. Es wurden 4 Hektaren Landes (ungefähr 16 Morgen) dazu bestimmt, und die Versuche selbst mit unausgesetzter Sorgfalt fortgesetzt. Das Land wurde auf die im Elsaß gebräuchliche Weise bestellt, dagegen alljährlich, sowohl der aufgefahrene Dünger, als die gewonnene Ernte hinsichtlich der Menge aller einzelnen darin enthaltenen Stoffe mittelst ihres Gewichtes und chemischer Untersuchungen auf das Genaueste bestimmt, namentlich die Menge des Kohlenstoffes, Wasserstoffes, Stickstoffes, Sauerstoffes und der in der Asche befindlichen Bestandtheile. Und es fand sich das merkwürdige Resultat: daß im Durchschnitt jährlich 2mal so viel Stickstoff, 3mal so viel Kohlenstoff, 3mal so viel Wasserstoff und 4mal so viel Sauerstoff mit der Ernte gewonnen wurde, als durch den Dünger in den Boden gebracht worden war, während man nicht einmal annehmen darf, daß die Stoffe des Düngers den gewonnenen Pflanzen ganz und vollständig zu Gute kamen. Es haben also die Pflanzen während ihres Wachsthums Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in großer Menge aus der Luft und aus dem gefallenen Regen in sich aufgenommen, und da der Regen bloß Wasser-

stoff und Sauerstoff enthält und in dem Boden Stickstoff nicht weiter enthalten ist, so mußten die Pflanzen insbesondere den Mehrbetrag an Stickstoff bloß aus der Luft einnehmen und den mehrgewonnenen Kohlenstoff wenigstens größtentheils, und zwar in der Form von kohlensaurem Gas, welches seit dem Auftreten der luftathmenden Thiere von diesen in eben so großer Menge ausgeathmet wird, als die Menge des Sauerstoffs beträgt, welchen sie mit der atmosphärischen Luft einathmen. Und da die atmosphärische Luft fortwährend unverändert bleibt und immer 23 Theile Sauerstoff, 77 Theile Stickstoff, $\frac{1}{20}$ Theil Kohlensäure und eine noch geringere Menge Ammoniakgas enthält, — so folgt, daß der in die Ernte übergegangene, sehr große Mehr-Sauerstoffgehalt dadurch hervorgegangen ist, daß die Pflanzen das Wasser zersetzt und daraus den der Luft durch die Thiere entzogenen Sauerstoff aus dem Wasser wieder zurückgegeben haben, indem sie den Wasserstoff ebenfalls zu ihrem Nutzen, d. h. zu ihrem Leben, verwandten.

So sehen wir die Pflanzen ihr ganzes Leben hindurch, als die eifrigsten Chemiker beschäftigt mit Zersetzen und Mischen der Stoffe. Eben so aber auch die Thiere, welche dadurch oft überraschende Veränderungen auf der Erdoberfläche hervorbringen, wovon nur einige besonders hervorragende Beispiele hier angegeben werden mögen.

Es wird nämlich eine ziemliche Menge Eisen gewonnen aus sogenanntem Wiesen-(Rasen-)Erz. Dieß letztere besteht aber aus lauter Panzern (Häusern) mikroskopisch-kleiner Thiere, deren Anzahl unberechenbar ist. Sie wandeln oder wandelten eine Eisenauflösung, in der sie leben oder gelebt haben, durch Zersetzung derselben in diejenige Eisenverbindung um, welche ihre Panzer bilden. Man schätzt auf einen einzigen Kubikzoll, mehr als eine Billion solcher Panzer, d. h. solcher Thierchen.

Bei Bilin giebt es ein Lager Polirschiefer von 15 Meilen Länge und mehrere Meilen Breite; außerdem giebt es noch an

vielen Orten sogenannten Tuffschiefer, dann Bergmehl und Kieselguhr und Tripel; und alle diese mineralischen Produkte sind nichts anders als Gehäuse von Kieselsäure von mikroskopischen Thieren, sogenannten Baccillarien; diese Thiere schieden einen Bestandtheil einer kieselsauren Verbindung aus, verbrauchten ihn zu ihrem Leben und sonderten die Kieselsäure als ihr Gehäuse ab. Um sich von der Unzahl solcher Thiere eine Idee zu machen, mag noch bemerkt werden, daß man auf einen einzigen Kubikzoll des gedachten Polirschiefers an 1000 Billionen solcher Thierchen schätzt.

Die Austern und alle Muschelthiere verbrauchen aus der im (kohlensauren) Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalkerde einen Theil der Kohlensäure zu ihrem Leben, besonders den Kohlenstoff; die einfach kohlensaure Kalkerde, die im Wasser unauflöslich ist, verbrauchen sie dann zur Bildung ihres Gehäuses; und man findet Muschelbänke von sehr großem Umfange und 30 bis 100 Fuß Mächtigkeit; ja zuweilen solche Bänke über einander liegen bis zu 500 und 1000 Fuß Höhe.

Die Foraminiferen, so klein wie die Baccillarien, haben ebenfalls Gehäuse von kohlensaurem Kalk, deren abermals Billionen auf einen Kubikzoll gehen. Diese Schaalen, von der mannigfaltigsten Form, die aber nur mittelst eines guten Mikroskops zu unterscheiden sind, bilden, hie und da im Verein mit Korallen- und Muschel-Trümmern, aber dem Hauptinhalte nach, die zuweilen 1000 Fuß mächtigen Kreidegebirge des südlichen Englands, nördlichen Frankreichs, nördlichen Irlands, Griechenlands, Siciliens, des nördlichen Afrika, des nordwestlichen und arabischen Asiens, eines ansehnlichen Theiles von Rußland (an der Wolga), Polens, Schwedens, Dänemarks, Pommerns und Mecklenburgs und an noch mehr andern Orten der Erde. Die Sinne schwinden, wenn man daran denkt, daß diese Massen, von den allerkleinsten Thierchen gebildet sind, und zwar genau eben so, wie die Schaalen der Austern, aus der

im Meere aufgelösten kohlensauren Kalkerde; und wenn man noch an die, alle Begriffe übersteigende Anzahl dieser Thierchen, welche auf eine ungemein rasche Vermehrung schließen läßt, zu denken sich gezwungen sieht. Unter der Kreide findet man noch stellenweise den sogenannten Plöner Kalk, welcher nichts anders als Kreide ist, die durch größeren Druck eine größere Festigkeit erlangt hat.

Eben so umfassend und eben so wunderbar sind die Korallenbänke und Korallenriffe, d. h. Felsen-Massen von kohlensaurer Kalkerde, welche von den Korallenthieren, die zu dem Geschlechte der Polypen gehören, ebenfalls zu ihrer Wohnung aus der im (kohlensauren) Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalkerde und ganz auf die kurz vorher bei der Erwähnung der Muschelthiere beschriebene Weise, gebildet worden sind und noch gebildet werden.

Die Korallenthiere bringen nicht nur so gewaltige, sondern auch so merkwürdige Veränderungen auf der Erdoberfläche hervor, daß es nicht unangenehm sein wird, wenn ich hier gleich noch Mehreres über sie berichte. Noch vor etwas mehr denn hundert Jahren war man darüber vollkommen in Zweifel, ob diese mächtigen, aus dem Meeresgrunde heraufwachsenden, so viel und so weit verbreiteten und wunderbar gestalteten Massen, Pflanzen sind von ungewöhnlicher Härte, oder was sonst. Erst 1740 setzte der Holländer Trembley die thierische Natur der Korallen außer Zweifel und wies nach, daß solche zu der Klasse der Polypen gehören. Spätere Gelehrte haben in der zweiten Hälfte des 18ten Jahrhunderts diese Ansicht durch nähere Mittheilungen bestätigt. — Besonders aber verdanken wir einem Engländer, Charles Darwin, welcher in den Jahren 1832 bis 1836 den Kapitän Fitzroy auf seiner Reise um die Welt begleitete, eine genauere Kenntniß von dem Leben und Schaffen dieser so merkwürdigen Thiere. Er fand, daß sie auf keinem Grunde bauen, welcher tiefer als 50 Fuß

liegt; nie da, wo das Wasser ruhig oder trübe ist, sondern nur an solchen Stellen, wo die Meereswellen ununterbrochen von einem angrenzenden Ufer, oder sonstigem Widerstande mächtig zurückgeworfen werden, also in der sogenannten Brandung. Sie bauen aber in einer solchen Entfernung vom Ufer, daß die näher am Ufer durch die Brandung verursachte Trübung sich bereits wieder gesetzt hat. — An einigen Inseln liegen die Korallenriffe 1 Meile und darüber vom Ufer; andere dagegen haben dicht an ihrem Ufer einen nicht sehr breiten Kranz von Korallenbänken. — Längs der Küste Australiens, wie auch anderer Länder, namentlich im stillen und indischen Ozean, läuft eine oft 300 Meilen lange Mauer von Korallenriffen in einer Entfernung von einer bis zwei Meilen vom Ufer. — Inseln sind in der Regel mit einem Kranz von Korallenfelsen umgeben. Auch die durch Erhebung des Meeresbodens mitten in ein Festland versetzten Korallenbauten liegen kranzförmig um eine höher gelegene Stelle herum, wie solches auch im Thüringer Walde zu sehen ist, wo sie zuweilen, wie z. B. bei Pößneck (einige Meilen südöstlich von Jena), in schroffen Formen in die Höhe streben.

In der Südsee finden sich Tausende von Inseln auf einem ausgedehnten Flächenraum, welche alle nur aus dem Bau noch lebender Korallen bestehen, sowie aus den Bruchstücken und dem Sand, welche durch Zerstörung eines Theils dieses Baues mittelst der Brandung, sich gebildet haben. Sie haben, während sie alle nur wenige Fuß über dem Meeresspiegel sich erheben, diese geringe Erhebung offenbar meist dadurch gewonnen, daß die Brandung Bruchstücke des Baues selbst, und andere im Meere vorhandene Materialien, aufschwemmte; sie haben sich nach und nach mit Humus, Pflanzen, Bäumen, vorzüglich (Cocos-)Palmen bedeckt und werden auch häufig von Indianern bewohnt. Unter den Pflanzen der Cocos- oder Keelings-Insel sind einige, deren Saamen ihr von Java und

von Australien zugeführt wurden, durch die Winde und die Wellen. — Alle diese Inseln haben endlich das noch mit einander gemein, daß sie in ihrer Mitte klares, ruhiges, nicht sehr tiefes Wasser haben, während das äußere Meer rings herum eine bedeutendere Tiefe hat und gegen den Korallenkranz mit tobender Brandung anstürmt, welcher letztere bald weniger bald mehr Breite hat. — Diese Inseln, von denen wir sprechen, werden die Lagunen-Inseln oder Atolle genannt.

Nach der angeführten Eigenthümlichkeit dieser Thiere zu schließen, müssen Hügel oder Berge in der gedachten großen Menge aus dem Meeresgrunde herausgetreten sein, entweder über den Meeresspiegel, oder doch bis näher an denselben. Die Thiere fanden rings um diese Berge herum den zu ihrem Baue wünschenswerthen Grund; sie bildeten also bald rings um selbige einen schmäleren oder breiteren Kranz von Korallenbänken, der bis an die Oberfläche des Meeres reichte; schnitten dadurch das über dem Berge stehende Stück Meer von dem übrigen ab, wodurch dasselbe Stück in einen ruhigen Binnensee von größerer oder geringerer Ausdehnung verwandelt wurde, während die Wellen des äußeren Meeres an diesen schroffen Korallen-Wänden abprallen. Bei andern größeren Inseln, wie z. B. Otaheiti, ragt inmitten dieses stillen Sees noch ein waldbewachsener Berg heraus. — Bei den Lagunen-Inseln liegt dieser Berggipfel noch unterhalb des Meeresspiegels, daher die geringe Tiefe dieser Binnenseen. — Die Reisenden, welchen der Anblick dieser Südsee-Inseln vergönnt worden ist, können ihn nicht reizend genug schildern, namentlich dann, wenn sie von dem Fuße eines solchen, in der Mitte liegenden Höhenzuges aus, betrachtet werden, wo man zunächst das ruhige Wasser, dann einen Kranz von Bäumen (Palmen), zuletzt aber die Meeresbrandung erblickt.

Oft findet man auch nur einen Kreis von Brandung, d. h. von weißschäumendem Wasser; in diesem Falle haben sich die

Inseln unter den Meeresspiegel gesenkt, oder sie sind noch nie aus dem Meere selbst herausgetreten.

Die Korallenfelsen selbst haben eine phantastisch verästelte Form, meist wie zierliche Blumen, weshalb man sie auch so lange für Riesenpflanzen gehalten hat, von denen man annahm, daß sie erst in dem Augenblick verknorpeln und erhärten, in welchem sie an die Luft gebracht werden. Im Wasser erscheinen sie wegen der Brechung der Lichtstrahlen schön gefärbt; außer dem Wasser aber sind sie bräunlich und ziemlich unscheinbar. — Die Griechen kannten schon diese Gestalten und nannten sie kurai halos (die „Jungfrauen des Meeres"), woher auch ihr jetziger Name (Curalium, Corallium) abstammt.

Doch ich muß abbrechen, um zu Dingen übergehen zu können, welche ein allgemeineres Interesse haben. Weil die in der Schöpfung wirkende Kraft sich uns in den drei Formen zeigt, nämlich: a) der allgemeinen Anziehungskraft, b) der Wärme als Dehnkraft, wozu sich das Licht gesellt, von welchem ich absichtlich nichts weiter angeführt habe, endlich c) der Polarkraft, d. h. der positiven und der negativen Elektrizität, welche zugleich die Grundursache der chemischen Wirkungen und der Krystallisationen sind, — so war es in meinem und meiner verehrten Zuhörer Interesse, vor Allem von diesen Grundkräften und deren mannigfaltigem Zusammenwirken ein anschauliches und übersichtliches Bild zu entwerfen, soweit solches möglich ist, ohne überall in das eigentliche Fachstudium eingehen zu müssen. — Wir werden nun in den nächsten Vorlesungen sehen, wie diese drei Grundkräfte in ihrer ewigen Wechselwirkung, die Erde seit ihrer Erschaffung fortwährend umgebildet haben, bis sie nach und nach, viele ganz andere Zustände durchlaufend, die Gestalt und den Zustand angenommen hat, in welchem wir sie heute erblicken.

Bei dem Gestalten und Wirken der organischen Körper, d. h. der Pflanzen und Thiere, nimmt man noch eine vierte

Kraft als thätig an, nämlich die **Lebenskraft**, von der wir so viel als nichts wissen. Es ist höchst wahrscheinlich, daß sie gar nicht existirt, und daß die drei genannten Kräfte allein schon das organische Leben bedingen; nur wissen wir von dem wie? — gerade hier noch gar nichts. Bedenken wir aber, daß die genannten Kräfte Ausflüsse der allmächtigen Gottheit, also **nicht todte** Kräfte sind, sondern daß sie den Stempel des Gedankens des Schöpfers mit sich tragen, so kann die Mannigfaltigkeit ihres Zusammenwirkens sich auch nach und nach bis dahin steigern, daß ein organisches und selbst ein **geistiges** Leben eine Nothwendigkeit wird.

Auch in dieser Beziehung hat die neueste Zeit ungemein viel geleistet. Man weiß jetzt, daß jeder Theil einer Pflanze aus einer ungeheuren Anzahl mikroskopisch kleiner Zellen besteht, deren jede von der andern durch Wände getrennt ist, und in deren jeder Säfte zirkuliren, und Stärkemehl und andere Stoffe bereitet werden; daß diese Zellen sich verändern, zertheilen, in mehrere Zellen übergehen, und daß darin das Wachsthum der Pflanzen besteht; daß diese Veränderung der Zellen eine verschiedene ist, nach der verschiedenen Lage der Zellen gegen die umgebende Luft, so daß die Einwirkung der letztern unverkennbar ist; daß die äußeren Zellen Oeffnungen haben zum Aufnehmen vorzüglich des Sauerstoffs, Stickstoffs und der Kohlensäure aus der Luft, und des Wasserstoffes und des Sauerstoffes, in welche Gase sie den Regen zersetzen; und wiederum Oeffnungen zum Ausathmen derjenigen Gase (Ammoniakgas ꝛc.), welche sie gebildet haben und zu ihrem Leben nicht gebrauchen. Jede Zelle, trotz ihrer unendlichen Kleinheit, ist daher schon eine Pflanze für sich und ein chemisches Laboratorium zugleich; und eben deshalb ist auch jedes Saamenkorn, jeder Keim und jedes bekannte Fortpflanzungsmittel der Individuen, schon die Pflanze selbst, die sich nur in ihren Zellen vermehrt und vergrößert, und deren Zellen anders sich verändern, je nachdem ihre Umgebung, Erde,

Wasser oder Luft ist, eben weil die anliegenden Stoffe von ihnen zersetzt und in ihren Bestandtheilen aufgenommen werden, wodurch wiederum verschiedene chemische Präparate entstehen, welche eben mit dem Gehalt auch das äußere Ansehen der Zellen verändern. Durch diese Erkenntnisse ist es aber etwas begreiflicher geworden, daß die ersten Pflanzen ein chemisches Resultat anorganischer Stoffe sein konnten.

Auch bei den Thieren spielen die Zellen eine große und wahrscheinlich ebenfalls die Hauptrolle; auch bei ihnen ist im Ei ꝛc. ꝛc. schon ein vollkommenes Thier, welches nur der Gelegenheit harrt, die Stoffe in sich aufzunehmen, welche zu seinem Wachsthum nöthig sind, und welche ihm in einem Zustand zukommen müssen, in dem es sie chemisch zersetzen kann, um die Bestandtheile zu neuen Stoffen wiederum zusammensetzen zu können, vorzüglich zu den, ihm zum Gedeihen und zur Vermehrung und Veränderung der Zellen nöthigen Stoffen.

Achtzehnte Vorlesung.

Von den Veränderungen, welche der Erdkörper sichtbar erleidet und früher erlitten hat.

Man braucht gerade kein sehr aufmerksamer Beobachter zu sein, und man erlangt doch bald die Ueberzeugung, daß auf unserem Erdkörper zunächst nichts bleibend, sondern alles veränderlich ist. Nicht bloß, daß Pflanzen und Thiere ewig sich erneuen, aufwachsen, groß werden, um wieder abzusterben und zu neuem Werden als neue Ursache zu dienen; sondern man sieht auch die nichtorganische Natur diesem alles umfassenden Gesetz der Veränderlichkeit ohne alle Unterbrechung unterworfen.

Schnee und Eis bilden sich, um wiederum zu vergehen; Felsenmassen verwittern, zerfallen zuletzt in die kleinsten Theile; diese werden als Sand und Staub (als Schlamm) in die Flüsse, Ströme und Meere gespült, um an dem Meeresboden wiederum als festes (und geschichtetes) Gestein sich zu bilden; — die Höhen werden allmählig und unmerklich niedriger, die Tiefen ebenso unmerklich mehr ausgefüllt. Die Millionen Kubikfuße Schlamm, welche die größeren Ströme, wie der Mississippi, der Nil, der Tigris und Euphrat u. s. w. täglich den Meeren zuführen, setzen sich zum Theil auf beiden Seiten der Strömung an die Küste an; im Laufe von Jahrtausenden werden daher diese Küsten weiter ins Meer hineinragen; das Land wird daselbst über das Meer einen Sieg davon tragen, während an anderen Stellen das Meer sich wieder dadurch rächt, daß es sich tiefer in das Land hineinfrißt.

In der Lombardei und in Toskana liegen die Flußbetten viel höher als das flache Land, und die Flüsse selbst werden nur durch fortlaufende gewaltige Dämme, gleichsam als künstliche Kanäle, in ihren Schranken erhalten, — so viel Gestein haben diese Flüsse selbst, von den Höhen der Apenninen mit herunter gerissen, und immer müssen diese Dämme noch weiter erhöht werden. Eine sorgfältig geführte Damm-Polizei wacht über sie. Gerade diesem Umstande aber verdankt ein Theil dieser Länder seine große Fruchtbarkeit; denn aus diesen hoch gelegenen Flüssen wird das Land fortwährend nach dem nachahmungswürdigsten System bewässert, und nach Umständen (z. B. die langgestreckten Reisfelder in der Lombardei) ganz unter Wasser gesetzt.

Schon die kleineren Flüsse und Bäche, da wo sie eine bedeutendere Krümmung machen, verändern ihren Lauf immer mehr; die Strömung höhlt die Krümmung immer mehr aus und setzt an dem entgegengesetzten Ufer immer mehr Land an. — Der Mensch trägt ebenfalls zur Veränderung der Erdoberfläche

bei; was aber der Mensch in dieser Beziehung auch thun mag, durch Grabung von Kanälen, durch Geradelegung der Flüsse, durch Abtragen von Höhen und Ausfüllung von Tiefen, bei den Chaussee- und Eisenbahn-Bauten, durch Hafenbauten und dgl.; immer sind es nur vergleichsweise nicht Maulwurfs-, kaum Ameisen-Arbeiten, gegen die Veränderungen gehalten, welche die, stets kleinen, oft unendlich kleinen, aber durch ihr ununterbrochenes, **stetiges** Wirken bedeutsam werdenden, in den Stoffen selbst lebenden Kräfte, hervorbringen.

Ferner hat sich uns bei der Betrachtung der Korallen-Felsen und der Kreide-Gebirge, die sich nur im Meere bilden konnten, und die doch so häufig auf dem Festlande getroffen werden, und noch bei manch anderen früheren Gelegenheiten, die Ueberzeugung aufdringen müssen, daß sich der Meeresboden gehoben hat, so daß das Meer ab-, und in die nächsten Niederungen hin geflossen ist, und daß so die Korallenbänke und die Kreide trocken gelegt worden sind. Aber auch ein statt gehabtes und noch statt habendes Sinken des Erdbodens ist durch Beobachtungen außer Zweifel gesetzt. Zum Beweis dieses Hebens und Sinkens dienen noch folgende Thatsachen.

Korallenriffe sieht man oft hoch über das Meer herausragen; da nun die Thiere nur bis an die Oberfläche des Meeres bauen konnten, so muß sich später der ganze Bau gehoben haben, aber nicht so viel, daß das Meer an dieser Stelle hätte abfließen müssen. Andere Korallenbauten gehen bis in eine sehr große Tiefe hinab; da dieß nun gegen alle beobachteten Gebräuche dieser Thiere geht, die überall nicht tiefer anfangen als höchstens 50 Fuß, so muß man annehmen, daß der Boden, wo die Thiere ihren Bau begonnen haben, nicht tiefer als ungefähr 50 Fuß unter der Meeres-Oberfläche gelegen und sich später erst gesenkt hat. In den tief in das Land hineingehenden, von schroffen Felsen gebildeten Buchten (Fiords) der norwegischen Küste, erblickt man die Spuren des Meeresstandes,

oberhalb des jetzigen, und zwar liegen sie, je weiter in das Land hinein, desto höher; sie fallen in einzelnen dieser Fiords von 210 Fuß auf 90 Fuß, in anderen von 88 Fuß auf 45 Fuß nach dem Meere zu ab; ein unzweifelhafter Beweis, daß das Land im Innern sich gehoben hat. Seit der ersten Wahrnehmung dieser Thatsache hat man dieselbe sorgfältiger beobachtet und gefunden, daß diese Erhebung unausgesetzt, wenn auch jährlich nur wenig merklich, noch fortdauert. Man hat gefunden, daß ganz Schweden, mit Ausnahme von Schonen, südwärts von Sölvitsburg, sich langsam aus dem Meere erhebt, im Jahrhundert um ungefähr 3 Fuß, und daß diese Erhebung von Norden nach Süden immer geringer wird; Schonen und Bornholm aber feststehen. — In Jütland dagegen hat man entschiedene Beweise von einem eben so langsamen Sinken des Bodens. — Ebenso hat man Beweise für das Sinken des Bodens und dessen Erheben an der Ostküste Amerika's; — und die ganze Westküste von Schottland und England scheint sich ebenfalls nach und nach bis auf eine Höhe von 500 und 1000 Fuß aus dem Meere gehoben zu haben, denn man findet diese Küsten theilweise, bis auf die gedachte Höhe, von über einander liegenden Bänken solcher Muscheln gebildet, welche jetzt noch in dem dortigen Meere lebend gefunden werden, während bekanntlich alle Muschelthiere nur im Wasser leben können. — Ostfriesland wurde im Jahre 1240 theilweise ein Raub des Meeres, und im Jahre 1638 wurde ein anderer Theil vom Meere überspült. Dasselbe gilt von der Inselreihe, welche sich längs der Küste der Nordsee, westlich der Jade, hinzieht, wie auch von Holland; diese Inseln, wie das letztere Festland, treten allmählig, oder zuweilen plötzlich, tiefer unter das Meer zurück. — Die Westküste von Frankreich ist dagegen im Steigen begriffen; — im Jahre 1752 scheiterte ein englisches Schiff in der Nähe von la Rochelle auf einer Austernbank, und jetzt liegt dieses Wrack bei Bourgneuf, mitten in einem bebauten

Felde, 15 Fuß über dem Meeresspiegel. Die Bewohner dieses Ortes haben in den letzten 28 Jahren allein, dem Meere über 2000 Morgen Land abgewonnen. — Port Bahaud, früher ein Hafenplatz, liegt jetzt 1000 Fuß vom Meere entfernt. — Ebenso finden wir Erhebungen im mittelländischen Meere und Senkungen des Bodens am adriatischen Meere. Im Jahre 1248 schiffte sich Ludwig der Heilige in dem Hafen von Aigues mortes ein, und dieser Ort liegt jetzt eine halbe Meile vom Meere ab. — In Venedig, sowie an der ganzen dortigen Küste, findet dagegen wieder ein Sinken des Bodens statt. Als im Jahre 1722 das Pflaster des Sankt Markusplatzes um ¾ Ellen erhöht werden mußte, fand man 5 Fuß tiefer, ein altes Pflaster, welches schon 3—4 Fuß tiefer als der Meeresspiegel lag; jetzt läuft daselbst schon wieder das Hochwasser in die Kirchen und Magazine hinein. — Daß aber die zusammenhängenden Meere überall gleich hoch stehen, ist nicht bloß eine theoretische Nothwendigkeit, sondern auch durch wiederholte und neueste Messungen außer allem Zweifel gesetzt; die neuesten, mit besseren Instrumenten und mit größerer Sachkenntniß ausgeführten, genaueren Messungen haben sogar bewiesen, daß die früher gefundenen geringen Höhen-Unterschiede der Meeresspiegel in der That ebenfalls nicht existiren *).

Diese Wahrnehmungen über die Erhebungen der einen Ufer, und Senkungen der anderen, wie sie in so zahlreicher Menge vorhanden sind, lassen aber nicht die nothwendige Folge zu, daß die sich senkenden Länderstrecken jetzt noch mit unvermeidlichem Untergange alles darauf Lebenden bedroht seien; denn es sind

*) Binnen-Meere, wie der Aralsee, das kaspische Meer und das todte Meer, können höher oder tiefer liegen, je nachdem sie mehr oder weniger Zufluß aus dem angrenzenden Lande haben, als aus ihnen an Wasser verdunstet. Thatsächlich liegen die genannten Binnen-Meere alle tiefer, zum Theil viel tiefer als die Ozeane.

andere Beweise vorhanden, daß in den letzten 2000—3000 Jahren dieselben Stellen des Festlandes sich bedeutend gesenkt haben, dann aber wieder emporgestiegen sind, um jetzt abermals sich zu senken. Das merkwürdigste Zeugniß hievon giebt der berühmte Serapistempel bei Puzzuoli im Neapolitanischen; es ist doch gewiß nicht anzunehmen, daß er unterhalb des Meeres gebaut worden ist; nichtsdestoweniger sieht man an seinen Säulen, in einer nicht unbedeutenden Höhe, die von den Bohrmuscheln in einer Breite von 3 Fuß gemachten Löcher; ein unumstößlicher Beweis, daß er bis zu dieser Höhe unterhalb des Meeres gestanden hat; sein Grund und Boden senkte sich also bedeutend nach seiner Erbauung, und allmählig, wie die aufgefundenen, in Entfernungen über einander liegenden mehreren Mosaikfußboden und mehrere gegen das Meer angebrachte Schutzbauten beweisen; er hob sich aber dann später wieder aus dem Meere heraus. Vor wenigen Jahren versicherten, damals noch lebende Menschen auf das Bestimmteste, daß das Meer daselbst höher heransteige und bereits Stellen überschwemme, auf welchen sie früher reifende Weinstöcke gesehen hätten; dieß würde beweisen, daß das Festland an derselben Stelle jetzt eben wiederum im Sinken begriffen ist.

Betrachtete man diese Erscheinungen allein, und nicht mit anderen im Zusammenhange, so möchte man fast auf den Gedanken kommen, daß die feste Gesammtoberfläche der Erde mit Inbegriff des Meeresbodens, aufschwelle und wieder einsinke, wie die Brust eines athmenden Thieres, wenn auch jeder einzelne Athemzug der Größe des Ganzen angemessen, eine Zeit von Jahrhunderten in Anspruch nehme. Wir werden aber auf ganz andere Gedanken gebracht, wenn wir die Erdoberfläche noch weiter durchforschen. Wir finden im Innern der Länder lang sich fortziehende Kalkgebirge, angefüllt mit den Schaalen der nur im Meere lebenden Muschelthiere. — Alle diese Gebirge müssen also in einer früheren Zeit unterhalb der Meeresoberfläche sich

befunden haben. — Ferner treffen wir in allen Gegenden der Erdoberfläche auch noch manch anderes geschichtete Gestein, welches nur durch Ablagerung von Sand und Schlamm auf dem Meeresgrund sich gebildet haben kann, mit vielfachen Resten von Pflanzen und Thieren durchzogen *). Zu diesem geschichteten Gestein gehört z. B. auch der Kupferschiefer bei Goslar im Harze, welcher zur Ausbeutung des Kupfers verwandt wird; in selbigem finden sich nicht nur zahlreiche Abdrücke von Fischskeletten, sondern diese auch in einem so unnatürlich gekrümmten Zustande, wie wenn die Fische vor ihrem Absterben die Schmerzen der Kupfervergiftung empfunden und sich deshalb gekrümmt hätten, welche Annahme zugleich die Folge hätte, daß die, in dem Schlamme des Meeresgrundes sich aufhaltenden Fische, von dem, jetzt den Schiefer in Gängen durchziehenden Kupfer, plötzlich überrascht worden seien, wie dieß etwa von sich herabsenkenden oder aus der Erde aufsteigenden Kupferdämpfen möglich sein würde, aber auch dadurch, daß eine flüssige Kupferauflösung (Kupfervitriol) sie tödtete.

Welch große Veränderungen müssen danach im Laufe der Jahrtausende auf der Erdoberfläche vorgegangen sein! — nicht bloß Reformen, sondern gewaltsame Revolutionen. — In dieser letzteren Ansicht werden wir aber um so mehr bestärkt, wenn

---

*) Diese Pflanzen- und Thierreste zeigen sich häufig in sogenannten Petrefakten (Versteinerungen). Die Pflanze oder das Thier, oder Theile derselben, wie z. B. ein Fischgerippe, werden von Sand und Schlamm eingehüllt, welche letztere durch den Druck des darüber lagernden Wassers rc. rc. zu Stein erhärten. Die organischen Reste verwesen darin, und eine Steinauflösung (in kohlensaurem Wasser) füllt die Leere aus, aus welcher sich dann der aufgelöste Stein niederschlägt und ebenfalls als fester Körper die Stelle einnimmt, welche die Pflanzen- oder Thier-Theile vorher eingenommen hatten.

wir an so vielen Stellen der Erdoberfläche, das, auf den Höhen liegende geschichtete Gestein häufig durchbrochen sehen von einer ungeschichteten (sogenannten) krystallinischen Steinmasse, z. B. von Granit, Porphyr u. dgl., die offenbar nicht geschichtet sind, und welche sogar häufig Spuren an sich tragen, aus denen man schließen muß, daß sie im geschmolzenen, also flüssigen Zustand, herausgetreten sind.

Man findet nämlich das geschichtete Gestein bald so, daß die Schichten horizontal liegen, also genau in der Lage, in welcher sie sich auf einem horizontalen Meeresgrunde durch die periodischen Ablagerungen des Sandes und des Schlammes gebildet haben können, oder auch durch allmähligen Niederschlag, der im Meere aufgelöst sich befand. In diesem Falle hat sich der ganze Meeresgrund unterhalb dieser Schichten gleichmäßig gehoben und das geschichtete Gestein ist daher in seiner horizontalen Lage geblieben. — Häufiger dagegen findet man die Schichten gegen den Horizont mehr oder minder geneigt, oft sehr steil aufrecht stehend, häufig von zwei Seiten gegen einander geneigt; während dazwischen ein anderes, nicht geschichtetes (krystallinisches) Gestein zu Tage liegt. In diesem Falle ist das krystallinische Gestein meist in einer, mehr geraden oder mehr gekrümmten Längenrichtung in die Höhe getreten, hat das geschichtete Gestein daselbst durchbrochen, und die Schichten von der Mitte aus schief gelegt. Oft ist auch kein Durchbruch bemerkbar, sondern nur die Schieflegung der Schichten auf beiden Seiten eines Kammes; hier ist offenbar ein Kern in die Höhe getreten, aber nicht mit hinreichender Kraft, um einen völligen Durchbruch zu Stande zu bringen. — Dann hat man aber auch Stellen gefunden (wie z. B. in Norwegen), wo die schief liegenden Schichten von der Erhebung aus noch mit demselben krystallinischen Gestein (Granit) eine Strecke weit überdeckt und die entstandenen Spalten damit ausgefüllt sind; ein unzweideutiger Beweis, daß das krystallinische Gestein im geschmolzenen

Zustande heraus getreten, und über die nächst anliegenden schief gelegten Schichten eine Strecke weit hin geflossen ist, und auch die Durchbruchspalten ausgefüllt hat *). — An anderen Orten der Erdoberfläche findet man die dem Durchbruch nächsten Schichten gänzlich überstürzt; ein Beweis, daß daselbst der Durchbruch des krystallinischen Gesteins mit einer großen Gewalt stattgefunden hat.

Alles dieses zeigt uns die gewaltigen Veränderungen, welche die Erdoberfläche im Laufe der Jahrtausende (vielleicht aber auch vieler Millionen von Jahren) erfahren haben muß, besonders wenn man bedenkt, daß jede dieser Erhebungen und Durchbrüche, welche den Meeresgrund in eine Höhe oder in einen Berg verwandelte, das Abfließen des Meeres zur nothwendigen Folge hatte, folglich eine gewaltige, mehr als sündfluthartige Ueberfluthung der angrenzenden Landestheile. Endlich finden diese Erhebungen und Durchbrüche und das Ausfließen von geschmolzenem, also eben flüssigem Gestein, selbst noch in unseren Tagen statt, aber, gegen die eben gedachten gehalten, nur im kleinsten, ja nur im allerkleinsten Maaßstabe. — Noch heute haben wir nämlich feuerspeiende Berge (Vulkane), im kalten Norden (wie z. B. der Hekla auf Island) und im heißesten Süden (wie z. B. in Amerika unter dem Aequator); eben so auch in der gemäßigten Zone, von denen wir nur den Vesuv, den Aetna und den Pic von Teneriffa als die uns nächst gelegenen anführen wollen. Sie rauchen fortwährend, aber von Zeit zu Zeit, oft in Perioden, die Jahrzehende auseinander liegen, werfen sie mehrere Tage hinter einander fort eine ungeheure Menge Asche, Steine und geschmolzenes Gestein aus, welches

*) Das Ueberfließen und das Ausfüllen der Spalten könnte natürlich auch durch eine Steinauflösung in wässerigen Säuren geschehen sein. Dagegen ist der Durchbruch und das Schieflegen der Schichten nur unterirdischen, nach oben zu wirkenden Kräften zuzuschreiben.

dann bis zur Erkaltung unter dem Namen der Lava abfließt und nicht bloß blühende Fluren, sondern auch ganze Städte und Dörfer vernichtet. Auch die großen Massen der ausgeworfenen sogenannten Asche zeigt sich dabei, näher untersucht, als fein zerstaubtes Gestein, wahrscheinlich das der früheren Ausbrüche; sie zeigt sich in mikroskopisch kleinen Krystallen. — So sind im Jahre 79 nach Christi Geburt bei einem Ausbruch des Vesuvs 30 Quadratmeilen des fruchtbarsten Landes und drei Städte, nämlich Stabiä, Pompeji und Herculanum, von der ausfließenden Lava und der ausgeworfenen Asche gänzlich verschüttet und zugedeckt worden. Diese Städte waren spurlos verschwunden, bis beinahe 1700 Jahre später, bei'm zufälligen Graben, die eine derselben, und später auch noch die anderen, wieder entdeckt worden sind, wodurch uns bei den häufig veranstalteten Nachgrabungen, die Gelegenheit geworden ist, in die Lebensweise, in die Wohnungen der damaligen Einwohner dieser Städte, und in die Art, wie damals schon die Künste das Leben durchdrungen hatten, einen unmittelbaren Blick zu werfen; und zugleich viele Kunst- und Luxusgegenstände aus jener Zeit der Weltherrschaft der Römer, zu Tage zu fördern. — Die über Pompeji liegende Asche ist nur 10—12 Fuß hoch; die über Herkulanum liegende aber hat eine Mächtigkeit von 70—112 Fuß; jedoch ist diese große Masse von Asche über der letzteren, dem Vesuv näher gelegenen Stadt, mindestens noch fünf der späteren Ausbrüche zuzuschreiben. — Auch in diesem Jahrhundert fanden einige bedeutende Ausbrüche des Vesuv's statt; einer der bedeutendsten vor etwa 10—15 Jahren; und eben jetzt, wo ich dieß schreibe, ist der Vesuv wieder thätig. — Noch vor wenigen Jahren vernichtete ein Lavafluß die nächste Umgebung des Hekla's auf Island. —

Die Beschreibungen solcher Ausbrüche von Augenzeugen (und wir besitzen auch eine Beschreibung jenes Ausbruchs des Vesuv's vom Jahre 79, von Plinius) sind ungemein schrecken-

erregend. Nachdem sich der Krater (der Kessel, aus welchem bei früheren Ausbrüchen die Lava ausgeflossen ist) langsam von unten nach oben angefüllt hat, d. h. nachdem die erstarrten Massen, welche die Oeffnung in das Innere der Erde verstopft halten, langsam in die Höhe getrieben sind, folgen schreckliche Erdbeben und ein Ausbrechen großer Rauchmassen, oder eine bedeutende Vermehrung des Rauches (der Fumarola), wenn der Vulkan ohnedieß ununterbrochen raucht, was bei vielen der Fall ist; hierauf erfolgt ein Geräusch von dem Zischen der durch enge Spalten gewaltsam sich herausdrängenden Dämpfe, welches sofort von donnerähnlichem Knallen, von einem Ausbruch von hoch in die Luft geschleuderten Steinen (Rapilli, besser Lapilli) und von Asche gefolgt ist, während sich auch die Rauchmasse entzündet und hell flammt. Erdbeben und solche Ausbrüche wechseln nun mit einander ab, denn jeder Ausbruch ist stets das Ende der Erdbeben. Immer mehr Rauchwolken; immer größere Massen Asche; grauenhafte Verfinsterung durch diesen Aschenregen. Die Rauchmassen werden von unten durch die glühende, in dem Krater empor gestiegene Lava erleuchtet. Der Knall, das Auswerfen glühender Steine, die oft in der Luft noch zerplatzen, folgen sich nun immer schneller auf einander. Endlich spaltet sich die Erde rings um den Krater herum radienförmig, und die glühende Lava fließt aus. Zuweilen bilden sich neben den alten Kratern noch neue. Da die Spalten, aus denen die Lava ausfließt, oft tiefer liegen, als die Lava in dem Krater hoch steht, so wirkt der sogenannte hydrostatische Druck der höher liegenden Flüssigkeit, und die glühende Lava kommt zu den Spalten fontainenartig heraus.

Die Dämpfe, welche vor und während eines Ausbruchs eines jetzt noch thätigen Vulkans aufsteigen, sind theils Wasserdämpfe, theils schwefelige und Chlordämpfe, auch kohlensaures Gas und Ammoniak (Stick-Wasserstoff) und Verbindungen aus

diesen Stoffen, z. B. Salzsäure (Chlor-Wasserstoff) und Salmiak (chlorwasserstoffsaures Ammoniak).

Die ausgeworfenen Steine und die Asche sind offenbar die zertrümmerte und zerriebene alte fest gewordene Lava früherer Ausbrüche, wie genauere Untersuchungen ergeben haben.

Daß solchen Ausbrüchen Erdbeben in der Umgebung vorausgehen, und von den Erscheinungen des Erdbebens begleitet sind, rührt offenbar von dem Dasein großer Mengen von Dämpfen her, welche bei einem vulkanischen Ausbruch mit ihrer großen Expansivkraft herausströmen, vor und während des Ausströmens derselben aber ihre Gewalt nicht bloß nach oben, sondern nach allen Seiten ausüben; ja, sie können sich gleichzeitig aus dem tieferen Meeresgrund Bahn brechen und so auch das angrenzende Meer in Unruhe versetzen. — Bei einem vor Kurzem an der japanischen Küste statt gefundenen Erdbeben, bei welchem ein russisches Kriegsschiff zu Grunde gieng, stieg das Meerwasser in der Umgebung des Schiffes an mehreren Stellen fontainenartig in die Höhe, und nachher erst wurde die ganze Oberfläche des Wassers in der Bai, in welcher das Schiff geankert hatte (um 100 und mehr Fuß) in die Höhe getrieben.

Bei dem letzten Ausbruch des Aetna (im November 1843) durchfloß übrigens die Lava in Zeit von 8 Tagen einen Raum von 5 (geographischen) Meilen Länge und an einzelnen Stellen von ¼ Meile Breite; sie floß aus einer Spalte von ungefähr 100 Fuß Breite, die nach innen zu eine Länge von 800—1000 Fuß zu haben schien.

Vom März 1827 ab hob sich der Grund des Kraters im Vesuv bis zum August 1830 um ungefähr 200 Fuß; diese Hebung setzte sich bis zum September 1831 fort, und dann entstand ein neuer Ausbruchkegel, der den Rand des alten Kraters überragte. Die ausströmenden Lavamassen füllten den Zwischenraum zuerst aus und flossen dann im Oktober desselben Jahres über den alten Rand herunter. Dieß dauerte bis zum August

1834 absatzweise so fort, bis dann der neue Ausbruchkegel unter heftigen Erschütterungen wieder einsank und zwei unabsehbare, in's Innere gehende Schlünde sich gebildet hatten.

Nach Leopold v. Buch's sorgfältigen Nachforschungen bilden die heute noch thätigen Vulkane innerhalb eines gewissen Umkreises, z. B. auf sämmtlichen canarischen Inseln, ein gewissermaßen zusammenhängendes Ganzes, so daß, wenn der eine derselben seine Thätigkeit einstellt, ein anderer sie beginnt; man kann also aus dem Einstellen der Thätigkeit eines Vulkans, wenn auch auf längere Zeit, nicht folgern, daß er sie auf immer eingestellt habe, so lange noch vulkanische Thätigkeit in der Nähe (d. h. 50 und mehr Meilen davon) bemerkt wird. Ja es bilden sich in einem solchen Umkreise vulkanischer Thätigkeit plötzlich auch neue Vulkane, welche jedoch in der Regel ihre Thätigkeit bald wieder einstellen. Während großer Erderschütterungen (wobei sich Dämpfe Auswege verschaffen) stellen, eben thätige Vulkane plötzlich ihre Thätigkeit ein. Als am 1. November 1755 ein Erdbeben fast ganz Lissabon zerstörte, 24,000 Menschen um ihr Leben brachte, und das Meer im Hafen durch die Gewalt der herausströmenden Dämpfe so aufbrauste, daß auch Diejenigen, welche sich auf die Schiffe im Hafen geflüchtet hatten, noch ihren Tod fanden, — zu derselben Zeit stellte der eben thätige Vesuv seine Thätigkeit ein. — Am 28. September 1538 entstanden bei Puzzuoli am Golf von Neapel mehrere Bodenrisse und eine Hebung der Küste; in zwei Tagen stieg ein Berg (der Monte nuovo) hervor, der heute eine Höhe von 400 Fuß und einen Umfang von 800 Fuß hat. Seine Spitze hat einen Krater (d. h. eine Auswurfsöffnung); seine Thätigkeit dauerte nur 6 Tage und hat sich bis jetzt nie wiederholt. — In Amerika zeigt sich jetzt noch eine bedeutende vulkanische Thätigkeit längs der Cordilleren bis über Quito hinaus, dann östlich durch die Antillen nach Cuba fortlaufend. In dieser Region erhob sich am 28. September 1759 im Gebiete des Staa-

tes Mexiko ein neuer Vulkan, der Jorullo; zuvor erhob sich der Boden in einem Umfange mehrerer Quadratmeilen um 500 Fuß; hierauf spaltete er sich vielfach und aus den Spalten traten Kegel von 6—10 Fuß Höhe heraus; aus einer neuen Spalte in der Mitte erhob sich zuletzt der neue Vulkan, 1500 Fuß hoch. Er spie unaufhörlich rauchende Flammen aus, schleuderte glühende Massen empor und blieb bis Mitte Februar 1760, also über 4 Monate lang, in ununterbrochener Thätigkeit.

Nichts desto weniger aber ist es unzweifelhaft, daß selbst in den Gegenden, wo heute noch vulkanische Thätigkeit vorhanden ist, solche im Allgemeinen und zum Theil noch in menschlich historischer Zeit, doch sich vermindert hat. Ein Krater (d. h. der Auswurfskegel eines zu irgend einer menschlichen oder vormenschlichen Zeit thätig gewesenen Vulkans) ist nämlich nie zu verkennen; eine kesselförmige Vertiefung mit steil abfallenden Rändern von geringerem oder größerem, zuweilen von sehr großem Umfange, angefüllt und umgeben von einer Masse, die mit der Masse der heutigen Lava und der heutigen Auswürfe der noch thätigen Vulkane, vollkommen analog ist. — Wenn früher Massen auf einer Fläche von Hunderten von Quadratmeilen in die Höhe getreten und durchgebrochen sind, so hört natürlich bei solchen großartigen Durchbrüchen der Begriff „Krater" auf; und solche Durchbrüche nennt man auch nicht mehr „Vulkane." Wenn von „Vulkanen" und ihren „Kratern" die Rede ist, so versteht man darunter jene, bereits in kleinerem Umfange statt gefundenen Ausbrüche, jene kegelförmigen Massen, die einzeln und in Entfernungen von einander (aber oft in großer Anzahl) wahrgenommen werden, und jene kesselförmigen Räume mit steil abfallenden Rändern, so daß die ganze Erhebung, von weitem angesehen, wiederum die steil aufsteigende Kegelform hat. So sieht man z. B. vom Meere aus dicht hinter Honolulu, der Hauptstadt der Insel Owaihi (eine der Sandwich-Inseln), einen Berg sich erheben, dem die Amerikaner, seiner Form

wegen, den Namen der Punschbowle gegeben haben, und welcher unzweifelhaft ein Vulkan gewesen ist, aber in vorhistorischer Zeit. So ist die Stadt Mexiko in einem solchen Krater erbaut, und Niemand denkt daran, daß derselbe sich einmal wieder öffnen könnte, da kein Mensch von einem Ausbruch desselben erzählen kann. Es ist diese Höhe ein vorhistorischer Vulkan von sehr großem Umfange.

Die Laven solcher vorhistorischen Vulkane werden als Gestein Trachyt, Phonolith, Dolerit und Basalt genannt. (In den Bestandtheilen sind sie nur sehr wenig von einander verschieden. Der Phonolith von dem Trachyt, und der Basalt von dem Dolerit nur dadurch, daß die Feldspathe im Phonolith und Basalt noch chemisch gebundenes Wasser enthalten). Diese Felsarten werden daher auch vorhistorische Laven, auch vorzugsweise vulkanisches Gestein, genannt. — Solcher vorhistorischer Vulkane findet man fast auf der ganzen Erdoberfläche, zuweilen in sehr großer Anzahl; in unserer nächsten Nähe, am Rheine; dann in Frankreich, namentlich in der ehemaligen Auvergne, in Norwegen, in Syrien, Nubien und Abyssinien u. s. w. — Aden in Syrien, jetzt ein Besitzthum der Engländer, ist ebenfalls auf einem Krater erbaut. Leopold v. Buch bemerkte in der Auvergne, wie der Basalt lavaartig herausgedrungen ist und die Umgebung überflossen hat. Derselbe bemerkte aber auch früher schon bei Christiania in Norwegen, wie selbst flüssiger Granit (der bei den Geologen unter dem Namen des „vulkanischen Gesteins" nicht mit begriffen ist) zwischen versteinerungsreichem Kalklager eindrang, dieselben gangartig durchsetzte, überlagerte und in ihrer Schichtung und Struktur vielfach veränderte. Alexander v. Humboldt und Gustav Rose beobachteten ebenfalls wirklich flüssig gewesenen Granit am Ufer des Irtisch in Sibirien, welcher meilenweit an der Oberfläche sich ausgebreitet hat. Andere haben an anderen Orten seitdem ähnliches beobachtet. Es geht daraus hervor, daß auch die größeren Durch-

brüche der früheren Zeiten, die wegen ihrer großen Ausdehnung den Begriff „Krater“ und deshalb auch den Begriff „Vulkan“ nicht mehr (oder, der Zeit nach, noch nicht) zulassen, dasselbe gewesen sind, was die Vulkane noch sind, nämlich Ausbrüche von glühend flüssigem Gestein, welches sich bei der höchst langsamen Abkühlung der größten Massen, äußerlich etwas anders gestaltete, namentlich in seinem Innern größere Krystalle bildete.

Das einzige Departement des Puy de Dome in Frankreich zählt mehr als 70 ausgestorbene (und vorhistorische) „Vulkane“ und mindestens 50 deutliche Krater, mit mächtigen Lavaströmen, die sich oft meilenweit hinziehen. — Das Albaner Gebirge in Italien, hat jetzt in Seen verwandelte *) Krater, und Livius erzählt, daß zur Zeit des zweiten punischen Krieges auf diesem Gebirge zwei Tage hinter einander ein Steinregen gefallen sei. So scheinen diese Vulkane dazumal schon im Erlöschen gewesen und dafür später dieselbe vulkanische Thätigkeit im Vesuv aufgetreten zu sein; denn kein alter Schriftsteller erwähnt eines vor dem Jahre 79 (n. Chr. Geb.) statt gehabten Ausbruchs des Vesuv's, so daß dieser vielleicht der erste gewesen ist. Aus einer einzigen Stelle könnte man höchstens entnehmen, daß schon etwa 14 Jahre früher ebenfalls ein Ausbruch oder doch ein Versuch dazu statt gehabt hat.

Von Nubiens vulkanischem Reichthum haben wir Nachrichten des Engländers John. Als er von Gherf Hussein aus (bei Gyrsche), den Nil verließ und sich westlich gegen die Wüste wendete, gelangte er auf eine mit dem Strome parallele Felsenkette, von welcher aus gegen Westen eine große Anzahl schwarzer Kegelberge erblickt wurde, die theils von unbedeutender,

*) Wenn das Regenwasser, welches sich in einem solchen Krater sammelt, keinen Abfluß hat, so muß er sich nach und nach in einen See verwandeln. So ist der große Laacher See im Eifelgebirge ebenfalls ein mit Wasser angefüllter Krater.

theils, wie es schien, von einer Höhe waren, welche der des Vesuv's gleich kam. Einige der näher liegenden dieser Berge wurden von Dakke aus besucht. Gegen ihren Fuß hin verlor sich der Wüstensand, und der steinige Boden war mit bunten Kieseln, Achaten und Karneolen überschüttet. Nach und nach nahmen die Trümmer, welche hier aus rothen, grauen und schwarzen lavaähnlichen Steinen bestanden (an Zahl und Größe) zu, und endlich gewahrte man in den Vertiefungen zwischen den einzelnen Kegeln nur noch Wechsellagerungen von Asche und erstarrten Lavaströmen, welche von verschiedenen Seiten über einander geflossen zu sein schienen. Als der nächst gelegene, etwa 600—700 Fuß (über der Ebene) hohe Kegel erklommen war, erschien die Wüste, so weit das Auge nach Westen und Süden reichte, mit Tausenden (nach der Angabe 10,000 ungefähr) von solchen schwarzen Kegeln bedeckt, welche theils einzeln liegen, theils durch Felsenwälle zu, hinter einander liegenden Ketten verbunden sind.

Von Ebsambol aus nahm John unfern der Trümmer von Kalad Adde, auf der Ebene am östlichen Ufer des Nils, eine andere Reihe von Kegelbergen wahr, welche südlich fortsetzen und bald spitze, bald stumpfe Pyramiden darstellen, bald zu Ketten mit senkrecht abstürzenden Wänden vereinigt sind. Der südlich fortgesetzte Weg führte über einen Lavastrom, der ¼ Meile in der Breite hatte.

Eben so haben Rüppell und Andere auch in Abyssinien erloschene Vulkane in Menge wahrgenommen. Rüppell hat auch einen noch rauchenden Berg in Kordofan entdeckt, und Rochet hat in der abyssinischen Landschaft Schoa ebenfalls eine, beständig Rauch ausstoßende Stelle gefunden. Also dürften die Vulkane in Afrika erst vor Kurzem, d. h. schon in der menschlich-historischen Zeit, vollends ausgestorben sein, wenigstens nicht lange vorher.

Die sicherste geschichtliche Nachricht über die vulkanische Thätigkeit einer Landstrecke, die seit mindestens 500 Jahren ganz aufgehört hat, haben wir aus Arabien, und zwar aus der auf der Westseite des arabischen Hochlandes sich hinziehenden Gebirgskette, welche jetzt (zwischen Mekka und Medina) noch viele heiße Quellen hat; und nur ein Berg, Bir Barhut in der Landschaft Hadramaut soll noch Rauch ausstoßen. Der berühmte Reisende Burkhardt kaufte in Kairo eine arabische „Beschreibung Medina's," in welcher wörtlich folgende Stelle vorkommt: „Den 1. des Monats Djomad el Akhyr im Jahre „654 der Hegira (d. h. den 2. Nov. 1276 n. Chr. Geb.) ward in „der Stadt Medina nächtlich ein leichtes Erdbeben verspürt; den „3. fand ein stärkerer Stoß statt bei Tage. Um 2 Uhr des folgen„den Morgens wurden die Einwohner durch heftige Stöße er„weckt, die im Verlaufe des Morgens noch stärker wurden und „mit Unterbrechungen bis Freitag, den 6. anhielten. Viele „Mauern und Häuser stürzten ein. Freitag Morgen hörte man „ein Donnergetös, und Mittags brach das Feuer hervor. An „der Stelle, wo es aus der Erde emporsprühte, erhob sich zuerst „ein Rauch, der den Himmel ganz verdunkelte. Im Osten der „Stadt sah man am Abend die Flammen; feurige Massen von „ungeheurer Größe, die das Ansehen einer großen Stadt mit „Wällen, Zinnen und Minarets hatten, die zum Himmel stie„gen. Aus diesen Flammen brach ein Strom von rothem und „blauem Feuer hervor, begleitet von Donnergetös. Die brennen„den Wellen schoben ganze Felsen vor sich her und häuften sie „wie hohe Dämme auf. Der Strom näherte sich der Stadt, „als die Vorsehung einen kühlen Wind erregte, der den Fort„schritt an dieser Stelle hemmte. Alle Einwohner von Medina „brachten die Nacht in der großen Moschee zu, und der Feuer„schein verwandelte die Nacht in Tag. Der Feuerstrom nahm „nun eine nördliche Richtung und endete am Berge, genannt „Dschebel Wayra, der in dem Thale steht, das Wady el

„Schathat heißt, das ein wenig gegen Osten vom Dschebel „Ohod liegt (½ Meile von Medina). Fünf Tage lang sah „man die aufsteigende Flamme, und der Strom blieb 3 Monate „im Brennen. Niemand konnte sich ihm der Hitze wegen nähern. „Er zerstörte alle Felsen; aber da dieß das heilige Gebiet von „Medina war, wo Mohamed befohlen hatte, daß innerhalb eines „gewissen Umkreises kein Baum umgehauen werden sollte, so „verschonte er alle Bäume, welche er auf seinem Laufe antraf. „Die ganze Länge des Feuerstroms war 4 Farsakh (= 2½ Meilen), die Breite 1⅓ Farsakh, und seine Tiefe 8—9 Fuß. Das „Thal Schathat wurde ganz verstopft, und die Stelle, wo es „so ausgefüllt ist, und die darum El Sedd genannt wird, ist „heute noch zu sehen.“ —

So weit unser Araber. — Jedermann erkennt in dem Feuerstrom die glühende Lava, und die Flammen giengen dem Ausbruch derselben voraus. Die Lava floß auf die Stadt zu, dann aber in das tiefere Thal ab, was der gute Araber dem kühlen Winde zuschreibt; dadurch aber blieb die Stadt und mit ihr blieben auch die sie umgebenden Bäume verschont.

In Arabien, oder wenigstens in diesem Theile von Arabien, sehen wir also das Ende der dortigen vulkanischen Thätigkeit geschichtlich festgestellt.

Eben so läßt sich die Abnahme der vulkanischen Thätigkeit in Griechenland geschichtlich nachweisen. In diesem Augenblick zeigt sie sich nur noch auf der Insel Santorin. Dagegen lesen wir im Homer, daß, als Zeus den Hephästos (den Feuergott) ergriff und von der Schwelle der Götter hinabwarf, dieser einen ganzen Tag lang gefallen und zuletzt auf der Insel Lemnos angelangt sei. Die Kraft der Feuer von Lemnos sei seit diesem Tage gewaltig. — Das „Lemnische Feuer“ kommt, mehr aus der Sage herausgerückt, dann auch bei anderen Schriftstellern vor. Ausdrücklich wird eines Berges Mosychlos gedacht, auf dessen höchstem Gipfel der Gott Hephästos sein

Feuer bereite. Auch Eustathius erwähnt der auf Lemnos befindlichen Krater und spricht von den daselbst vorgekommenen Feuer-Ausbrüchen; auch mehrere andere (lateinische) Autoren sprechen davon. Buttmann hat wahrscheinlich zu machen gesucht, daß jener Vulkan erst zu Alexanders Zeit erloschen sei. Mit Bestimmtheit hat man diesen Berg Mosychlos nicht wieder aufgefunden, und Choiseul Gouffier, sowie Ukert glauben, daß er, nebst der benachbarten kleinen Insel Chryse, vom Meere verschlungen worden sei.

Strabo und Pausanias berichten, daß (um das Jahr 282 vor Chr. Geb.) auf der Trojanischen Halbinsel Methone (Methana) ein Hügel sich erhoben habe, und Rußegger hat daselbst (vor etwa 10 Jahren) gesehen, daß Trachyt-Durchbrüche noch jetzt die vulkanische Natur dieser Halbinsel offenbaren. Nach Strabo wurde an dieser Stelle, unter einem Ausbruch von Feuer ein Berg empor getrieben, der die Höhe von 7 Stadien erreichte. Wegen der Hitze und des Schwefeldampfes konnte man sich dem Orte nicht nähern, aber des Nachts leuchtete das Feuer, gluthverbreitend, in die Ferne, so daß das Meer auf 5 Stadien weit kochte und auf 20 Stadien weit trübe und mit losgerissenen thurmhohen Felsentrümmern zugeschüttet war. — Pausanias erzählt, daß früher eben daselbst viel Feuer aus der Erde hervorgebrochen, und daß nach dessem Erlöschen Wasser emporgedrungen sei; daher waren noch (zu seiner Zeit) warme und sehr salzige Bäder daselbst.

Strabo erzählt ferner: die Insel Euböa sei, nachdem ganz Syrien und die Cycladen durch Erdbeben gelitten hätten, ebenfalls von Erschütterungen heimgesucht worden, und diese hätten nicht eher aufgehört, als bis sich in der lelantischen Ebene (bei Chalcis) eine Spalte aufthat, die einen „glühenden" Strom ausspie.

Auch im westlichen Asien, besonders in Kleinasien, ist nach

Plinius eine vulkanische Thätigkeit vorhanden gewesen, die jetzt nicht mehr existirt.

Island hat auf einer Fläche von 1800 Quadratmeilen 29 Vulkane, von denen aber heute noch nur 7 repetiren; und keiner der letztern hat seine Thätigkeit über 30 Jahre lang ausgesetzt.

Im Jahre 1815 erneuerte auf der Insel Sumbawa in Australien ein Vulkan seine Ausbrüche mit solchem Getöse, daß man in einer Entfernung von mehr als 100 Meilen glaubte Nothschüsse aus Kanonen zu hören. Die diese Ausbrüche begleitenden Erdbeben waren so heftig, daß die angrenzenden und entfernteren Inseln (Borneo 2c. 2c.) ungemein davon gelitten haben.

Heut zu Tage finden noch viele Erdbeben statt, die man nicht immer mit einem Ausbruch von Lava in Verbindung bringen kann, bei denen also die sie verursachenden Dämpfe allein entweichen, aus Spalten, die auf dem Festlande entstehen, oder auch häufig auf dem Meeresgrund. Dagegen verursachen sie häufig heute noch eine Erhöhung des Erdbodens oder des Meergrundes. Dieß ist namentlich im vorigen und im laufenden Jahrhundert an der Küste von Chile, bis weit in das Meer hinein, bemerkt worden; und noch im Jahre 1835 scheiterte die vom Capitain Fitzroy befehligte Fregatte Challenger an der Küste von Chile, weil ein kurz vorher (am 20. Februar 1835) stattgehabtes Erdbeben den Meeresgrund bedeutend gehoben hatte.

Fassen wir alle diese Thatsachen zusammen, so stellt sich heraus:

In einer sehr frühen Zeit und lange vor dem ersten Auftreten des Menschen haben umfangreiche über Hunderte von Quadratmeilen hin sich erstreckende Ausbrüche geschmolzenen Gesteins stattgehabt. Diese Ausbrüche kann man plutonische Ausbrüche nennen; sie haben sich später auf kleinere Umfänge

beschränkt, und diese, Kegel und Krater bildenden kleineren Ausbrüche nennen wir Vulkane. Diese Vulkane sind früher und auch noch vor dem ersten Auftreten des Menschen äußerst zahlreich gewesen; sie sind aber nach und nach bis auf eine verhältnißmäßig kleine Anzahl erloschen; und dieses Erlöschen hat bei den meisten derselben auch noch vor dem ersten Auftreten des Menschen stattgefunden; einige wenige derselben sind aber auch noch in den letzten 4000 Jahren erloschen. Die vulkanische Thätigkeit hat also stets abgenommen und ist noch im Abnehmen begriffen.

In Europa sind (außer Island) Neapel und Sicilien, die Azoren und die canarischen Inseln, die Orte der jetzigen vulkanischen Thätigkeit, welche ebenfalls im Abnehmen begriffen ist.

Zerstörend wirken aber heut zu Tage noch immer die Erdbeben, die man nur als machtlose Versuche zu neuen vulkanischen Ausbrüchen ansehen kann. Noch im Mai 1855 zerstörte ein Erdbeben die türkische Stadt Broussa in Asien, und die Erschütterungen kehrten innerhalb zweier Monate immer wieder, wenn auch minder heftig. — Am 26. März 1812 fanden zu Caracas 10,000 Menschen durch ein Erdbeben ihren Tod.

Am 7. Juni 1692 zerstörte ein Erdbeben Kingston auf Jamaika fast gänzlich. Das Meer wurde dabei so aufgeregt, daß es in die Straßen der Stadt drang und eine große Fregatte, welche auf dem Werft lag, mitten unter die zertrümmerten Häuser versetzte.

Am 28. Oktober 1746 spürte man zu Lima an 200 Stöße; nach dem ersten und heftigsten (um 10½ Uhr Nachts) stieg während der Nacht das Meer um 80 Fuß und vernichtete die Hafenstadt Callao mit ihren 5000 Einwohnern so vollständig, daß nach dem Abfließen des Wassers nur noch die Grundmauern der Festungswerke sichtbar waren.

Nach dem großen Erdbeben, welches sich vom Februar 1783 über ganz Calabrien verbreitete, rechnete man, daß 30,000 Menschen dabei ihr Leben verloren haben.

Am 4. Februar 1794 zerstörte ein Erdbeben Quito in Südamerika, wobei 40,000 Menschen umkamen.

Eine längere Liste von Erdbeben aufzustellen, wozu genug des Materials vorhanden ist, mag mir erlassen werden.

Ich will nur noch hinzufügen, daß auch in geschichtlicher Zeit durch Erdbeben neue Inseln sich gebildet haben, z. B. bei der Insel Santorin in Griechenland und bei der Insel Umnak unter den Aleuten. Noch in diesem Jahrhundert erhob sich eine kleine Insel an der Küste von Neapel, welche den Namen Fernando bekam, welche aber, eben als die Engländer und Neapolitaner sich um ihren Besitz zu streiten anfangen wollten, für gut fand, sich wieder unterhalb des Meeres zurückzuziehen.

Wir haben soeben die schreckenerregenden Wirkungen der Erdbeben und der vulkanischen Ausbrüche, wie wir sie in unseren Zeiten erfahren, an einigen Beispielen kennen gelernt. Und doch, was ist ein solcher Ausbruch, wie z. B. der heftigste des Vesuv's im Jahre 79, der mit seiner Lava, besonders aber mit seiner Asche eine Stelle von vielleicht 6 Meilen Länge und 5 Meilen Breite überdeckte und kaum viele Menschenleben vernichtete, da es sehr wahrscheinlich ist, daß die meisten Bewohner dieser Gegend, und namentlich der drei verschütteten Städte, sich haben retten können, weil die Lava langsam fließt, und der verderbliche Aschenregen 3 bis 4 Tage anhielt, — was ist ein solcher Ausbruch gegen die Erdrevolutionen der frühesten Perioden gehalten, welche sich auf Hunderte von Quadratmeilen erstreckten.

Daß diese älteren, große Länderstrecken umfassenden Erdrevolutionen sich wenigstens 12 bis 15 Mal wiederholt haben, nur von der Zeit an gerechnet, wo bereits der Erdboden mit Vegetation (Pflanzenwuchs) überzogen war, ersieht man aus den, in den einzelnen über einander lagernden Schichten, vorkommenden Versteinerungen von Pflanzen und Thieren, welche Organismen in den verschiedenen Schichten zwar einen gemein-

schaftlichen Typus haben, aber in jeder über der andern liegenden, nach und nach immer mehr ausgebildete Organe zeigen, also immer vollkommener werden; und nie und nirgends hat man bis jetzt eine Schicht mit vollkommeneren Organismen, unterhalb einer andern Schicht gefunden, welche weniger vollkommene Organismen aufzeigte; — stets über der letzteren. Mit Hilfe dieser Wahrnehmung und aus den verschiedenen Störungen des geschichteten Gesteins vermöge des Emportretens des krystallinischen, endlich aus allen verschiedenen sichtbaren Durchbrüchen, leitet man nun eben so viele große, ungemein umfassende Erdrevolutionen ab, die in größeren Zeit-Entfernungen, welche das Bilden der neuen und zahlreichen Generationen von Pflanzen und Thieren nöthig hatte, auf einander gefolgt sind.

Zwischen den einzelnen Schichten, im Meere abgelagert gewesener sand- oder erdartigen Massen, welche die Organismen in sich aufnehmen und einhüllen konnten, und welche durch das große Gewicht des darüber stehenden Meeres und anderer darüber auf's Neue sich ablagernder Schichten, also durch einen ungeheuren Druck, in ihren kleinsten Theilen so einander genähert wurden, daß die Anziehungskraft der letzteren (nach den erstern Vorlesungen) wirksamer und am wirksamsten auftreten und die anfänglich losen Massen in festeres und das festeste Gestein verwandeln konnte, — zwischen diesen Schichten geschichteten Gesteins findet man nun das sie durchbrochen habende krystallinische Gestein abgelagert. In den untersten Schichten findet sich häufig das geschichtete Gestein metamorphosirt, nämlich wieder in krystallinisches Gestein umgewandelt, in die sogenannten krystallinischen Schiefer, dadurch, daß die große Hitze der herausbrechenden glühenden Massen, die leichtflüssigeren Theile des geschichteten Gesteins in Fluß brachte, dieses letztere aber nachher bei dem Erkalten sich wieder krystallisirte. — Solche Umwandlungen konnten aber dazwischen auch auf nassem Wege geschehen, indem flüssige Säuren die Steine

theilweise auflösten, so daß durch Wahlverwandtschaft selbst neue Stoffe gebildet werden, und diese dann bei der Verdampfung der Flüssigkeit sich auch wieder krystallisiren konnten.

Unter und über den Lagern der geschichteten Gesteine findet man aber auch Lager derber Gesteine, welche weder geschichtet noch krystallisirt sind, sondern welche im (kohlensauren und schwefelsauren) Meerwasser aufgelöst gewesen sind und sich aus der Auflösung niedergeschlagen haben. Auch sie umschließen natürlich Pflanzen- und Thierreste; auch sie sind in den untersten Schichten häufig metamorphosirt, nämlich durch die Hitze der von unten aufgestiegenen und herausgetriebenen Massen zusammengebacken und krystallisirt, wie z. B. der Marmor (Urkalk).

Dabei darf man aber nicht übersehen, daß, wie wir bereits bemerkt haben, manches Gestein, welches als krystallinisch erscheint, sich auch aus einer wässerigen Flüssigkeit heraus krystallisirt haben kann; was z. B. namentlich vom Dolomit (kohlensaure Kalkerde mit kohlensaurer Talkerde) wird behauptet werden können. Manche Geologen sind geneigt, auch solche Gesteine, wie z. B. den Granit, als aus einer wässerigen Auflösung heraus krystallisirt anzunehmen. Wenn man aber auch nicht geradezu bestreiten will, daß stellenweise, z. B. wo der Granit in kleinen Massen unter dem Sandstein vorkommt, solcher auf nassem Wege, oder durch chemische Umwandlung (Metamorphosirung) eines anderen Gesteins entstanden sein kann, so sind doch die großen Durchbrüche geschmolzener Massen eben so wenig zu läugnen, als die Ausbrüche der geschmolzenen Massen, die wir heute noch bei den thätigen Vulkanen mit eigenen Augen betrachten können.

Neunzehnte Vorlesung.

Fortsetzung: Frühere größere Wärme auf der Erdoberfläche.

Aus dem in der vorangegangenen Vorlesung Gesagten, sowie noch aus, von mir unerwähnt gelassenen Beobachtungen, geht unwiderleglich hervor:

1) Daß sich im Meere, theils durch Niederschläge von, im Meere aufgelöst gewesener Massen, vorzüglich kohlensauren Kalkes, kohlensauren Talkes, schwefelsauren Kalkes, wohl auch Quarzes (Kieselsäure), — theils durch Hineinschwemmungen von verwittertem, in Sand und Schlamm oder Erde umgeformten Gesteins, — Schichten gebildet haben, welche in den untersten Lagern durch den größeren Druck in sehr festes, nach oben zu in weniger, aber doch noch ziemlich festes Gestein sich umgewandelt haben, in den obersten Lagern aber noch lose gefunden werden, wie die Lager von Thon, Lehm, Mergel u. s. w., namentlich aber auch die großen Sandflächen und Sandwüsten uns zeigen. Der (plastische) Töpferthon erscheint in tieferen Lagern als festes Gestein (Thonschiefer) und in den untersten Lagern als Grauwacke, welche ein sehr festes Gestein ist, aber meist noch etwas Sand enthält, zuweilen so viel Sand, daß sie dann zu den Sandsteinen gezählt wird.

2) Die so im Meere gebildeten Stein-(Felsen-)Massen sind häufig in die Höhe gehoben und trocken gelegt worden, und bilden diejenigen Gebirge, welche wir Flötzgebirge nennen. Auch sie sind wieder verwittert; ihre Trümmer sind abermals in das Meer gespült worden und haben zur Bildung neuer geschichteter Gesteine wiederum beigetragen. Neue Hebungen haben diese neuen Flötzgebirge trocken gelegt. Und so fort. — Die Flötzgebirge sind aber daran zu erkennen, daß man an ihnen deutlich wahrnimmt, wie sie sich nach und nach im Meeresgrund gebildet haben.

3) Die Schichten der Flötzgebirge findet man zuweilen horizontal liegend, häufig aber gegen einen Kern krystallinischen Gesteins (entweder von zwei Seiten, oder nur von einer Seite) mehr oder weniger schief gelegt, zuweilen stehen sie ganz aufrecht, zuweilen findet man sie sogar überstürzt.

4) Der Kern, welcher dieses Schieflegen der Schichten bewirkt hat, ist geschmolzen-flüssig in die Höhe getreten, hat krystallinisches Ansehen und gehört daher zu den Gebirgen, welche Urgebirge genannt werden, weil dieselben Gebirgs-Gattungen schon da gewesen sein müssen, um verwittern und in ihren Trümmern in das Meer gespült werden und so zur Bildung der ersten (untersten) geschichteten Gesteine beitragen zu können. In diesen Urgebirgen finden sich keine Pflanzen- oder Thierreste, wohl aber in den Flötzgebirgen, und da wieder in den untersten (und härtesten) Lagern noch nicht, oder nur in sehr vereinzelten Spuren, nach oben zu aber häufiger.

5) Pflanzen und Thiere sind in den untersten Schichten der Flötzgebirge in ihren Organen am wenigsten, nach oben zu immer mehr ausgebildet; aber erst in den obersten Schichten findet man diejenigen organischen Reste eingebettet, welche am vollkommensten und denen der Jetztwelt am ähnlichsten sind.

6) Dem chemischen Inhalte nach sind die verschiedenen Urgebirge, mit Inbegriff der sogenannten vulkanischen Gebirge, unter sich, und die verschiedenen Flötzgebirge unter sich, sehr wenig verschieden, so verschieden auch das Aeußere derselben sich ansieht. Schnelleres oder langsameres Erkalten der geschmolzen gewesenen Massen, aus denen die ersteren sich herausgebildet, — größerer oder geringerer Druck, den die letzteren erfahren haben, — machen den Haupt-Unterschied in dem äußeren Auftreten der Gesteine, in Verbindung damit, daß in den einen und in den andern Arten der beiden Hauptgattungen Gesteins, zuweilen mehr, zuweilen weniger der einzelnen gleichartigen, einfachen, oder chemisch zusammengesetzten Stoffe sich befinden, welche

überhaupt die Massen bilden, indem sie sich mechanisch mit einander verbinden (mit einander mengen). Die Hauptbestandtheile bleiben immer Kieselsäure (Quarz, Sand), Thon und noch einige andere Kieselsäure-Verbindungen (Silikate) (mit Thonerde, Kali, Natron, Kalkerde oder Talkerde), endlich kohlensaure und schwefelsaure Kalk- und Talkerden. Andere Stoffe, z. B. sogenannte (Eisen-, Kupfer-, Zinn-, Zink- rc.) Erze, kommen verhältnißmäßig nur in geringer Menge vor, am meisten noch Eisenerze; einige Stoffe kommen in geringsten Mengen vor, z. B. Strontian-, Beryll-, Glycin-Verbindungen, welche dann ihrer Schönheit und Seltenheit wegen meist zu den Edelsteinen gezählt werden.

Der Hauptgehalt der geschichteten Gesteine ist gewöhnlich Thon, Sandstein, Kalk und die Mengung von Kalk und Thon (mit etwas Sand), welche im losen Zustand Mergel genannt wird, in festem Zustand aber Mergelstein oder Steinmergel genannt werden kann. —

Ehe wir aber für diese Behauptungen noch mehr und die überzeugendsten Thatsachen und Beweise beibringen, wollen wir zuvor noch bemerken, daß dieselben Beweise auch dafür zeugen, daß die jetzige gemäßigte und kalte Zone in jenen früheren Perioden mindestens dasselbe warme Klima gehabt hat, wie solches jetzt nur noch in der heißen Zone gefunden wird, und daß die Erde von den Polen nach dem Aequator zu, nach und nach allmählig sich erst abgekühlt hat, bis zu ihrem jetzigen Zustande. Die jetzige Temperatur hat sich dagegen in den letzten 3000 Jahren entweder gar nicht oder doch nur ganz unmerklich, also so gut wie gar nicht geändert.

Das erstere beweisen nämlich die Pflanzen- und zum Theil auch die Thierreste, welche in den verschiedenen, auf einander folgenden Lagern in der Tiefe der Erde gefunden werden und den verschiedenen Umwälzungsperioden angehören; in ihren Abdrücken und in den aus letzteren entstandenen Petrefakten (Versteinerungen).

So schwierig nämlich für den Menschen die Untersuchungen in den Tiefen der Erde auch sind, und obwohl sie sich zur Zeit noch auf verhältnißmäßig sehr wenige Punkte der Erdoberfläche erstrecken, — so hat man doch in den verschiedenen Bergwerken und bei dem Bohren sehr zahlreicher artesischer Brunnen bereits mannigfaltige Gelegenheit gehabt, in Bezug auf Ablagerung in der Tiefe, eine Reihe von interessanten Beobachtungen anzustellen. Man hat nun in den untersten Lagern des geschichteten Gesteins, nämlich in der sogenannten cambrischen Steinbildung, bereits Spuren von (Meer-) Organismen gefunden, dann in dem silurischen (Grauwacken-) Gestein deutlichere Pflanzenreste, — Tang-Arten, — und einzelne (Meer-) Thiere, nicht aber Pflanzen oder Thiere, deren Aufenthalt ein Festland war. Diese Tang-Arten zeigen große Uebereinstimmung mit denen, jetzt in der heißen Zone vorkommenden Formen. Ob Landpflanzen bereits existirt haben, ist zwar unwahrscheinlich, aber geradezu doch schwer zu verneinen, da das Grauwackengebirge bis jetzt nur in Deutschland und England sorgfältiger durchforscht ist, und gerade an diesen Orten die Schichten dieses Gebirges durch die Einwirkung der glühenden Massen der in die Höhe gestiegenen, und jene durchbrochen habenden Gebirge, viele Pflanzen- und Thierreste zerstört sein können und müssen. In späterer Zeit erhalten wir vielleicht aus Rußland noch nähere Kenntniß dieser Grauwacken-Bildung, wo sich dieselbe nur langsam über das Meer empor gehoben zu haben scheint, und dabei in großer Ausdehnung.

In einem Theile von England und Schottland, sowie der Rheingegend, im Erzgebirge und in den Sudeten, im mittleren Frankreich, in den Vogesen, in einem Theile des nördlichen Schwedens und Norwegens, in den Alleghannis (in Nordamerika) und noch an anderen Punkten, finden wir, in dem geschichteten Gestein einer späteren Periode, Reste von Pflanzenformen, welche ihrem Charakter nach tropisch (d. h. den heißen

Gegenden angehörig) sind, aber ganz fremdartig, und welche größtentheils völlig verschwundenen Pflanzengeschlechtern angehören. Während in der vorigen Periode nur Reste von Meerespflanzen sich befinden, zeigen sich jetzt, auf dem Festland gewachsene Wälder von baumartigen Farrenkräutern, — baumartigen Bärlappenarten, riesige Formen von Schachtelhalmen, wenige Palmen; dagegen finden sich wieder Wälder von Sigillarien, von Calamiten, Stigmarien und einige Nadelhölzer in dem gehobenen geschichteten Gestein dieser Periode; endlich auch Haifische, kleinere Fische, zahlreiche Formen von Korallen und mannigfaltige andere Meerthiere, darunter viele, die zur Zeit nicht mehr gefunden werden. Ueberall endlich, in dem jetzt eisigen Island, wie an der jetzt glühenden Küste von Malabar, finden sich in dieser Periode dieselben Pflanzen; folglich muß das Klima zur Zeit jener Periode überall nahe dasselbe gewesen sein. — Wir finden oft 20 bis 30, bei Saarbrücken sogar an 120 Lager von Steinkohlen über einander (letztere von 1, 2, 6—10 Fuß Dicke) (Mächtigkeit), immer durch Schichten von Kalk, welche Meerthiere einschließen, von einander getrennt; ein Beweis, daß in sehr lange von einander entfernten Zeitabschnitten, aber viele Male, das mit üppiger Vegetation bedeckte Festland unter das Meer heruntergesunken ist, lange unter dem Meere verweilt hat, um mit Kalk bedeckt zu werden, und dann wieder über das Meer herausgetreten ist, um wiederum so lange über dem Meere zu verweilen, daß neuer Humus (Damm- oder Garten-Erde) sich bilden, neue Wälder entstehen konnten, um später wieder unterhalb des Meeres mit einer neuen Kalkschicht, die wieder neue Meerthiere in sich aufgenommen hat, begraben zu werden. — Man könnte zwar auch annehmen, daß im Laufe von Jahrhunderten oder Jahrtausenden, nach und nach ganze Wälder des Festlandes in ihren einzelnen Stämmen durch große Flüsse und Ströme oder andere große Wassermassen in das Meer gespült

worden, und daß dadurch diese großen und so oft abwechselnden Kohlenlager entstanden sind; dieß kann sogar auch zuweilen die Veranlassung eines nicht sehr mächtigen Kohlenlagers gewesen sein, wie wir heutigen Tages noch z. B. in der Nähe des Ausflusses des Mississippi in das Meer, solche Massen von Baumstämmen zusammengeflößt vorfinden. Für die erstere Annahme ist aber entscheidend, daß man oft die Stämme der Waldbäume in den Steinkohlenlagern, noch aufrecht stehend, zuweilen ihre Gipfel von der neuen Kalkschicht eingehüllt findet; zugleich ein Beweis, daß diese Senkungen in größerer Ruhe vor sich gegangen sind und gleichmäßig. Man findet in diesen Stämmen, namentlich in den untersten Kohlenschichten, keine sogenannten Jahrringe, gerade wie heute noch an den Bäumen der heißen Zone; denn diese Jahrringe bilden sich durch das Ruhen der Vegetation im kälteren Winter, so daß man da, wo es kältere Winter giebt, nach der Zahl dieser Ringe das Alter eines Baumes genau bestimmen kann; also ist das Klima an den nördlichsten Stellen, wo diese Steinkohlenformation gefunden wird, zu jener Zeit ohne kälteren Winter gewesen. Sowie aber heute noch unter der tropischen Sonne an hoch gelegenen Orten ein gemäßigtes Klima herrscht, und daselbst dann auch andere Pflanzen-Gattungen (und Bäume) gedeihen, als unter derselben Breite an den tief gelegenen, viel heißeren Stellen, an denen dann in der Regel auch eine viel feuchtere Luft getroffen wird (wir erinnern nur an die Stadt Quito, welche unter dem Aequator liegt, aber wegen ihrer hohen Lage über dem Meere, ein sehr gemäßigtes Klima hat), eben so können in jenen früheren Zeitperioden, wo selbst die nördlichsten Erdtheile ein eben so warmes und feuchtes Klima hatten, Höhen vorhanden gewesen sein, deren Klima gemäßigter war, und welche Pflanzen und Bäume ernährten, die ein gemäßigteres Klima zu ihrem Gedeihen erfordern, und deren Reste wir mitten unter den tropischen Pflanzenresten vorfinden.

In den oberen Kohlenschichten werden schon Jahrringe bemerkbar, jedoch nur in schwachen Marken; ein Beweis, daß in diesen späteren Perioden, in denen sich die obersten Schichten der Kohle bildeten, bereits etwas kältere Winter eingetreten sind. In den ziemlich oben liegenden Braunkohlenlagern finden sich die Jahrringe eben so scharf ausgeprägt, wie an den in derselben Breite noch lebenden Bäumen.

Ehe wir aber weitere Thatsachen mittheilen, wollen wir einmal einen Seitenblick werfen auf das Alter der Erde, auf welches die oben erwähnten Steinkohlenlager hindeuten. Wie lange braucht eine nackte Kalkschicht, die eben aus dem Meere getreten ist, bis sich auf ihr so viel Humus (d. h. für die Entwickelung vollkommenerer Pflanzen taugliche Erde) gebildet hat, daß eine 40 Fuß mächtige Steinkohlenschicht entstehen konnte? — Der Humus bildet sich erfahrungsmäßig auf einem nackten Felsen, der nur von Luft umgeben und von Regenwasser benetzt wird, dadurch, daß er zunächst mit kleinen, mit bloßen Augen nicht genau erkennbaren (Moos) Pflanzen sich überzieht; im sogenannten Veilchenstein, welcher uns im Riesengebirge und auf dem Brocken so häufig zum Kauf angeboten wird, erblicken wir diesen röthlichen Ueberzug, welcher bei dem Zerdrücken einen veilchenartigen Geruch verbreitet. Die Verwesung dieser Pflanzen bildet die erste, dünnste Schicht Humus; sie vermag nun schon andere (Moos) Pflanzen zu ernähren; das Absterben jeder Generation verdickt nach und nach die Humusschicht, so daß sie nun bereits die düster aussehenden, sogenannten stygischen und Fahluner Flechten auszubilden vermag, deren wiederholte Verwesung die Dicke der Humusschicht nach und nach so weit vermehrt, daß nun schon Wachholder und ähnliche Gebüsche ernährt werden können; so setzt sich durch Jahrhunderte lang fortgesetzte Verwesung immer neu entstehender Pflanzen, deren Saamen der Wind überall hin verweht, die aber aus dem verwehten Saamen nicht eher erwachsen sind,

als bis er den nöthigen Boden dazu fand, — eine immer dicker und dicker werdende Humusschicht an, in welcher zuletzt die größten und tiefwurzelndsten Bäume zu leben und zu gedeihen vermögen. Daß darüber aber Jahrtausende vergehen, kann keinem Zweifel unterworfen sein.

Daß es da schneller geht, wo heiße und feuchte Luft vorwaltet, bezeugt folgender Umstand. Boussingault war in Südamerika anwesend, als gerade ein Berg einstürzte und die Umgebung mit seinen Trümmern völlig bedeckte; als er nach 10 Jahren an dieselbe Stelle kam, fand er solche schon durchgehends mit Akazienbüschen bewachsen. Eben so kann ich auch ein Beispiel eines ähnlichen schnellen Wachsthums aus unserer Nähe anführen. Vor ungefähr 10 Jahren zerstörte ein Waldbrand etwa $\frac{1}{10}$ Quadratmeile des schönsten Waldes in der sogenannten sächsischen Schweiz (aber schon in Böhmen, dicht an der sächsischen Grenze), vom Winterberge an bis zum Prebischthor. Ich sah unmittelbar darauf eine große nackte Sandsteinfläche, ohne alle Erdbedeckung, auf welcher ein ferneres Wachsthum unmöglich schien. Im letzten Herbste sah ich aber zu meiner großen Freude die ganze Strecke wiederum mit jungen Birken und Tannen ziemlich gut bewachsen. Es war aber in den Spalten und Fugen zwischen den Sandsteinmassen, guter gelockerter und mit Asche gedüngter Erdboden geblieben, und von diesen Fugen aus begann die neue Vegetation um sich zu greifen. Auch fand ich den nackten Stein schon mit guter Erde wieder zugedeckt *).

*) Unter ungünstigen Umständen geht die Vegetation auch sehr langsam vorwärts. Der Epomeo, ein ausgestorbener Vulkan auf der Insel Ischia (im Golf von Neapel) warf im Jahre 1301 zum letzten Male Lava aus; diese ist jetzt, nach sechsthalb Jahrhunderten, nur erst ganz dürftig mit Vegetation überzogen.

Nach den Erfahrungen, die man unter dem tropischen Himmel gemacht hat, und zwar da, wo die Vegetation am üppigsten ist, bildet sich in einem Jahrhundert ungefähr eine 8 Zoll dicke Humusschicht; nehmen wir nun an, daß zu jener Steinkohlenperiode in England, wo 20 bis 30 Schichten Steinkohle durch Kalkschichten getrennt, eine Gesammtmächtigkeit von etwa 40 Fuß haben, das Klima eben so warm und feucht und die Humusbildung eben so begünstigend gewesen ist, so würden etwa 150,000 Jahre nöthig gewesen sein, um eine Gesammthumusschicht hervorzubringen, aus welcher diese Steinkohle sich gebildet hat, da etwa 27 Zoll Humusschicht nöthig sind, um 1 Zoll Steinkohlenschicht zu liefern. Rechnet man dazu noch die Zeit, welche erforderlich war zur Bildung der 20 bis 30 zwischenliegenden Kalkschichten, während der gesunkene Boden sich unterhalb des Meeres befand, so würden während der Dauer der Steinkohlenperiode doch mindestens 200,000 Jahre verflossen sein. Wir werden aber bald sehen, daß das hier bezeichnete geringste Alter der Erde nur ein äußerst kleiner Theil ihres wahren Alters sein kann; fahren wir einstweilen fort noch weitere Erfahrungen mitzutheilen.

Alle Schichten der Flötzgebirge, welche die untersten sind und die Steinkohlenformation noch in sich einschließen, faßt man unter dem Namen der primären (Flötz-)Gebirge zusammen. — Die Gebirgsformationen, welche nach der Steinkohlenperiode folgen, werden sekundäre Gebirge genannt. In diesen Felsenmassen werden die baumartigen Farrenkräuter und die Calamiten seltener; dagegen kommen die Cycadeen und Nadelhölzer in dichten Wäldern vor, dazwischen Strecken von schilf- und binsenartigen Gewächsen, welche offenbar in, damals vorhandenen Landseen und Sümpfen aufwuchsen; mehrere andere Pflanzen, die ebenfalls jetzt noch vorkommen, finden sich noch immer in riesiger, baumartiger Gestalt; auch die vorkommenden Thierreste zeigen die ungemeine Größe der vorhanden

gewesenen Thiere; unter anderen, Riesenschildkröten von 7 Fuß Dicke und 18 Fuß Länge, — kolossale, fledermausartige Wesen (Pteridactylen), — wunderliche Beutelratten*) und Eidechsen-Arten von der Größe der (jetzigen) Wallfische. Vor mehreren Jahren wurde das Knochengerüste (von 120 Fuß Länge) eines solchen Thieres unter dem Namen Hydrarchus in Europa gezeigt. Unter den Meerthieren finden sich ähnlich große, wenn auch nicht eben so riesige, halb Fisch und halb Eidechse, welchen die neueren Naturforscher die Namen der Ichtyosauren und Plesiosauren gegeben haben. Diese haben wieder zahlreichere kleinere Fische zu ihrer Ernährung gefunden. Immer noch finden sich (in dieser sekundären Periode) sonderbare Krebse, obgleich von den eben so sonderbaren krebsartigen Thieren der früheren (primären) Periode verschieden; auch die Seesterne und die verschiedensten Muschelthiere weichen häufig in der Form von denen der früheren Periode ab; endlich finden sich noch dazwischen, in der sogenannten Keuperformation dünne Schichten von Steinkohle, Lettenkohle genannt. — Gegen das Ende dieser Periode versank wahrscheinlich abermals ein großer Theil des gebildeten Landes langsam in das Meer, während sich anderwärts neue Länderstrecken, zum Theil schon den jetzigen ähnlich, erhoben.

Die nun auftretenden (Flötz-) Gebirge werden von den Geognosten tertiäre Bildungen genannt; sie zeigen in England z. B. noch immer reichen Palmenwuchs, vermischt mit Nadelhölzern und anderen Pflanzen, welche wahrscheinlich auf höheren Bergen gestanden und deshalb ein kälteres Klima gehabt haben. Endlich findet man schon Wälder der ausgebildeteren Laubhölzer. Unter den Thieren finden sich riesen-

*) Nach Agassiz sollen es nicht beutelrattenartige, sondern robbenartige Thiere gewesen sein.

mäßige Tapire und kleinere Landthiere und Vögel, welche letzteren auch in den früheren Perioden gefunden werden: ferner Wallfische, Wallrosse und Robben. Man erkennt, daß von den Polen her, die Erde allmählig kälter wird; das riesige Mammuth in den Steppen Sibiriens bekommt schon Wollhaar. — Immer mehr treten die Formen der jetzigen Pflanzen hervor; Erlen, Pappeln, Birken, Fichten, Kastanien und Feigen; ausgedehnte Braunkohlenflötze.

Endlich aber ist die, von den Polen herkommende Erkältung nach und nach bis an ihre mögliche Grenze vorgeschritten; vielleicht ist die Bildung des Hymalaya-Gebirges eine der letzten bedeutendsten Veränderungen der Erdoberfläche gewesen, und die Gestalt der Erde hat seitdem nur noch, auf engere Grenzen beschränkte Veränderungen erfahren; die zahlreichen feuerspeienden Berge blieben allein noch übrig, und auch diese sind nach und nach bis auf die jetzt noch vorhandenen, ausgestorben. — Daß seit der Zeit, wo diese größeren Erdrevolutionen aufgehört haben, abermals ein sehr großer Zeitraum verflossen ist, der an 50,000 bis 100,000, oder vielleicht auch noch viel mehr Jahre umfassen kann, — darüber lassen sich ebenfalls Beweise anführen. Der Niagara-Wasserfall z. B. ergießt sich in eine Schlucht, die in eine Gebirgsterrasse eingeschnitten ist; nun hat aber Lyell nachgewiesen, daß der Wasserfall sein Wasser über den Rand der Terrasse selbst herabgeschüttet hat, daß also jene Schlucht von ihm erst ausgewaschen worden ist, wozu, nach einer mäßigen Berechnung, mindestens 20,000 Jahre Zeit gehören; nach den neuesten Beobachtungen eben daselbst, findet das Zurücktreten des Falles noch viel langsamer statt, so daß man statt 20,000 auch 100,000 Jahre rechnen kann.

Daß endlich die mittlere Erdwärme an ihrer Oberfläche seit 3000 Jahren nicht um den zehnten Theil eines Grades sich vermindert hat, beweist folgender Umstand. Die Juden fanden bei ihrer Besitznahme von Palästina Datteln und Trauben;

nun reift aber der Weinstock keine Früchte mehr, wenn die mittlere Temperatur des Jahres höher wird als 20°, während das Reifwerden der Datteln keine niedrigere mittlere Temperatur verträgt; also war damals die mittlere Temperatur des Landes Palästina genau 20°, d. h. gerade so, wie sie es noch heute ist. Einen anderen Beweis hierüber zieht man noch aus Hypparch's Beobachtungen der Mondfinsternisse, den wir jedoch hier übergehen müssen *).

Zu diesen drei (Flötz-)Gebirgsformationen, der primären, sekundären und tertiären, welche sich alle im Meeresgrunde gebildet haben und erst durch fortwährende Durchbrüche und Hebungen von unten, trocken gelegt worden sind, kommen nun diejenigen geflötzten Massen, welche man Diluvialgebilde nennt. Sie sind dadurch entstanden, daß große Wassermassen den Sand und die Erde und größere Trümmer in die bereits trocken gelegten Tiefländer zusammengeschwemmt und daselbst mit einander mechanisch verbunden haben, und die dann ebenfalls wieder mehr oder minder gehoben worden sein können; sie sind vorzugsweise der Fundort der Braunkohlenlager, indem die mannigfachsten Baumstämme mit in die Tiefe hineingeschwemmt und zu großen Lagern zusammen getrieben worden sind. — Alluvialbildungen oder Aufschwemmungen sind die neuesten Flötzgebilde, vom ersten Auftreten des Menschen an gerechnet, die auch noch täglich fortfahren zu entstehen.

---

*) Die Dynamik lehrt mit der, der Mathematik eigenen Ueberzeugungskraft, daß eine sich um eine Achse drehende Kugel eine desto größere Drehgeschwindigkeit erhält, je kleiner, bei gleich bleibender Masse, ihr Durchmesser wird. Kühlt sich nun die Erde ab, so nimmt sie auch einen kleineren Raum ein, folglich muß ihre Drehgeschwindigkeit um ihre Achse größer, d. h. der Tag muß kürzer werden. Die gedachten Beobachtungen des Hypparchus zeigen aber, daß der Tag dazumal nicht länger war als er jetzt ist.

Jede der oben erwähnten ersten drei Haupt-Abtheilungen der Flötzgebirge, — nämlich der primären, sekundären und tertiären, — unterscheidet sich nun wieder in ihren einzelnen über einander gelagerten Schichten durch den verschiedenen Gehalt an Versteinerungen, also durch die Verschiedenheit der Pflanzen- und Thierformen, welche zur Zeit der Bildung jeder einzelnen Schicht vorhanden gewesen sind. Diese einzelnen, ihrem verschiedenen Inhalte nach sich von einander absondernden Schichten einer jeden dieser drei Haupt-Abtheilungen, haben danach nun auch wieder ihre verschiedenen Namen erhalten, die ich später noch einmal berühren will.

Ich will aber hier noch mit ein Paar Worten die Folge der Pflanzen und Thiere andeuten, von den unvollkommensten an bis zu den vollkommensten hin.

Bei den Algen oder Tangarten, den Flechten und den Schwämmen ist nämlich von andern Organen, als die zur Bildung der Fortpflanzungszellen nöthigen, nicht die Rede; sie stehen auf der niedrigsten Stufe der organischen Schöpfung.

In der zweiten großen Pflanzen-Abtheilung, den Kryptogamen (Geschlechtlosen), unterscheidet sich schon Stengel und Blatt, als Organe, von denen jedes seine eigenen Verrichtungen hat; hie und da finden sich noch unbestimmte Andeutungen von weiteren Organen; nirgend aber wirkliches Vorhandensein dieser letzteren; keine Saamenbildung. — Zu den Kryptogamen gehören unter andern die Moose, die Bärlappenarten, die Schachtelhalme und die Farrenkräuter.

Hierauf folgt die letzte große Abtheilung der Pflanzen, welche auch die vollkommensten in sich schließt, nämlich die Phanerogamen (Geschlechtspflanzen), welche nicht bloß Stengel und Blatt haben, sondern auch noch die verschiedensten Organe zur Saamenbildung, die wieder bald einfacher bald zusammengesetzter sich zeigen.

Die einfachsten Phanerogamen sind die Gymnospermen (Nacktsaamigen); eine kleine Abtheilung; zu ihr gehören die Nadelhölzer, die Loranthaceen mit der parasitischen Mispel; die (tropischen) Cycadeen. Sie haben noch keine Blume; die Saamenknospe und der entwickelte Saame ist noch nackt, noch von keinem Fruchtknoten eingeschlossen.

Der größere Theil der Phanerogamen besteht dagegen aus den Angiospermen (Verhülltsaamigen); in diesen Pflanzen tritt besonders die Blumenbildung hervor.

Je nachdem aber bei der ersten Entwickelung der Pflanzen nur ein Blatt, oder sogleich zwei Blätter sich zeigen, werden sie wieder Saamen-Einlappige (Monocotyledonen) oder Saamen-Zweilappige (Dicotyledonen) genannt, und die letzteren sind die zusammengesetzteren, also die vollkommeneren.

Zu den ersteren gehören die Gräser (Getreidearten), alle lilienähnlichen Pflanzen, die Palmen ꝛc. ꝛc. — Zu den anderen unsere meisten Gartenpflanzen, Gemüse und die Laubhölzer. Der Typus der Zweiheit wiederholt sich in allen einzelnen Theilen dieser letzteren Pflanzen-Gattungen; und dieß prägt denselben gleichzeitig den Charakter einer mannigfaltigeren Verzweigung und Verästelung auf, wie solche bei den Monocotyledonen noch nicht gefunden wird. Bei den Monocotyledonen herrscht vorzüglich die Zahl 3, bei den Dicotyledonen vorzüglich die 5 vor.

Alle diese Klassen, welche der Naturforscher gemacht hat, um eine bessere Uebersicht über die Gesammtmasse zu erhalten, haben wieder ihre Abstufungen und zwar so, daß die oberste Stufe der niedrigeren Klasse sich an die unterste Stufe der nächst höheren Klasse anschließt. Die Natur ist in allen ihren Uebergängen mehr stetig, als daß ihr große Sprünge beliebten.

Von den monocotyledonen Pflanzen sind die Gräser die zusammengesetztesten oder vollkommensten; von den Dicotyledonen dagegen ebenfalls die Compositen (Zusammengesetzt-

blüthigen), welche Büschel von einzelnen Blumen zu einer großen Blume vereinigen; z. B. das Marienblümchen, der Löwenzahn, die Kornblume, die Disteln und Artischocken u. s. w. — Von diesen zusammengesetztesten Pflanzen bilden jetzt die Gräser $\frac{1}{20}$, die Compositen dagegen $\frac{1}{10}$ aller bekannten Arten; wie wir aber gesehen haben, so kommen in der allerfrüheſten Periode der Pflanzenbildung nur Tange, nachher noch Kryptogamen, erst später Gymnospermen vor und noch später erst erscheinen die Angiospermen, und zwar wiederum zuerst die Monocotyledonen, bis ganz zuletzt erst auch die zusammengesetztesten Dicotyledonen auftreten. — Offenbar ist diese weitere Ausbildung der Pflanzen der allmähligen Veränderung des Klima und des Bodens zuzuschreiben, welche beide für diese weitere Ausbildung nach und nach erst geeigneter werden mußten.

Ganz analoges gilt von den Thieren; manche scheinen nur aus einem Magen und zwei Oeffnungen zu bestehen. Nach und nach treten immer neue Organe hinzu; aber es ist eine lange Stufenleiter von den einfachsten thierischen Organismen bis zu dem vollkommensten, nämlich dem Körper des Menschen, mit seinen unzähligen Nerven, Muskeln, Adern, Venen und den übrigen Organen, deren jedem seine bestimmte Thätigkeit vom Schöpfer angewiesen ist; von dessen geistigen oder Seelen-Organen nicht zu sprechen, die er häufig so schlecht und ihm selber so verderblich, in Anwendung bringt. — Reste von menschlichen Körpern sind aber in den Ueberbleibseln der oben aufgezählten 4 ersteren Perioden des Untergangs so mannigfaltiger Schöpfungen, bis jetzt nirgends gefunden worden. Selbst die ersten Wirbelthiere, welche Luft athmen, kommen nicht früher als in der obersten Schicht der primären Gebilde, noch oberhalb der Kohlengruppe, vor.

Ihrer minderen oder größeren organischen Ausbildung nach lassen sich die Thiere etwa so ordnen:

- I. Polypen.
  - Moosthiere.
  - Blumenthiere,
    - Funginen (Schwämme, ohne Steingerüste);
    - Lithophyten (Korallen 2c.) (mit Steingerüsten).
- II. Strahlthiere.
  - Quallen oder Medusen.
  - Stachelhäuter (mit Kalkgerüsten und Stacheln).
  - Scydotermata (Sternwürmer).

Die Stachelhäuter sind entweder:

a) Crinoideen oder Haarsterne (mit Stiel),
b) Asteriodeen oder Seesterne (ohne Stiel),
c) Echinodermen oder Seeigel;

sie haben alle in der Vorwelt ihre Repräsentanten. Dagegen hat man keine versteinerten Sternwürmer gefunden, was ihrer leichten Vergänglichkeit zugeschrieben werden muß.

- III. Mollusken (Weichthiere).
  - A. Kopflose.
  - B. Kopfhabende.

- A. Kopflose.
  - a) Mantelthiere,
    - Ascidien (festsitzende);
    - Salpinen (schwimmende).
  - b) Muscheln,
    - Austern, Perlmuscheln 2c.
    - Teichmuscheln u. Schiffsbohrer.
  - c) Brachiopoden.

- B. Kopfhabende.
  - a) Pteropoden (Flügelfüßer).
  - b) Gastropoden (Magenfüßer od. Schnecken).
  - c) Cephalopoden (Kopffüßer).

- IV. Gliederthiere.
  - a) Wassergliederthiere (Würmer).
  - b) Amphibiotische Gliederthiere (Krebse).
  - c) Spinnengliederthiere (Arachnoideen).
  - d) Die Linneischen Insekten.

V. Rückgratthiere (Knochenthiere).
a) Fische.
b) Amphibien.
c) Vögel.
d) Säugethiere.

Die Fische und nackten Amphibien bilden die niedrigere Klasse; die beschuppten Amphibien, die Vögel und Säugethiere die höhere Klasse.

Daß sich nur wenige Mollusken (Weichthiere) in der Vorwelt finden, ist leicht begreiflich, da sie, ihrer großen Weichheit wegen, durch jeden kleinsten Druck ihre Form verlieren mußten; sie konnten daher keine Eindrücke zurücklassen, welche sich mit Steinmasse hätten ausfüllen können.

Erst am Ende der primären Formation, nachdem die Steinkohlenbildung fast aufgehört hat, zeigt sich das erste Amphibium. Bis dahin die Polypen, Crinoïdeen, Cephalopoden, Insekten und Fische. Dann kommen in der sekundären Periode vorzüglich die Amphibien vor; wenige Landthiere, d. h. wenige Vögel und wenige Säugethiere. In der tertiären Bildung finden sich mehr Säugethiere; aber die Elephanten-Arten (Mastodon, Mammuth) und die Nashörner erst in der Diluvialzeit, zu welcher Zeit auch die Wiederkäuer erst am zahlreichsten auftreten.

Ich muß aber noch darauf aufmerksam machen, daß alle die von uns aufgezählten Perioden nur den Zeitraum umfassen, an dessem Anfange bereits Pflanzen und Thiere vorhanden waren. Es entsteht nun die Frage, ob die organische Schöpfung stets gleichzeitig mit der unorganischen auf der Erde vorhanden gewesen ist, oder ob der allmächtige Schöpfer gewollt hat, daß der Weltkörper erst viele Millionen von Jahren hindurch die furchtbarsten Revolutionen durchmache, um endlich erst in den Zustand zu gelangen, welcher zum Leben von Pflanzen und Thieren geeignet war; wobei kaum bezweifelt werden kann, daß

die Pflanzenvegetation dem Entstehen der Thiere vorausgegangen ist, weil die Thiere, wenigstens die der Jetztzeit (unmittelbar oder mittelbar), nur durch die Pflanzen sich ernähren. — Endlich scheinen Pflanzen und Thiere des Meeres früher dagewesen zu sein, als bezüglich die auf dem Lande lebenden.

Zwanzigste Vorlesung.

Das Zusammenwirken der drei, dem Stoffe innewohnenden Kräfte, der Anziehungskraft, der Dehnkraft (Wärme) und der Polarkraft, ist die wesentliche Ursache der jetzigen Gestalt der Erde und der Revolutionen, welche sie seit ihrer Erschaffung hat durchmachen müssen.

In den beiden letztern Vorlesungen habe ich mich begnügt, eine Reihe von Thatsachen aufzustellen, und fast nichts als eben Thatsachen, und ich habe nur solche Folgerungen gezogen, welche ohne allen Widerspruch zugelassen werden konnten. Aus diesen Thatsachen gieng aber hervor: Der Erdkörper hatte früher, auch an den Polen, dieselbe Wärme, oder doch ganz nahehin dieselbe, wie am Aequator, und hat sich von den Polen nach dem Aequator zu, erst nach und nach abgekühlt; — während dieser Abkühlung ist die Erde mannigfaltig zerrissen, zerspalten worden, und Steinmassen im geschmolzenen Zustande sind aus der Tiefe hervorgebrochen.

Daß noch, wenn auch nur kurz vor der gänzlichen, heute vorhandenen Abkühlung des Erdkörpers, einige Gebirge schon ihre jetzige Gestalt gehabt haben mögen, scheint aus folgender Thatsache hervorzugehen. In der Nähe des Dorfes Muggendorf, welches in der Mitte des, von den Städten Baireuth, Nürnberg und Bamberg gebildeten Dreiecks (der sogenannten fränkischen Schweiz) liegt, wurden gegen Ende des vorigen Jahr-

hunderts und noch in dem ersten Viertel dieses Jahrhunderts in dem dortigen Kalkgebirge eine Anzahl Höhlen entdeckt. In mehreren derselben fand man eine ziemlich bedeutende Menge von Thierknochen und merkwürdiger Weise darunter, neben Knochen von Bären und solchen Thieren, die jetzt noch daselbst leben, auch viele Knochen solcher Thiere, welche jetzt nur noch in den wärmeren Gegenden gefunden werden. Aus einer einzigen dieser Höhlen, der Gailenreuther, hat man Knochen von 1000 Individuen herausgebracht, nämlich von 850 Bären und die übrigen von Wölfen, Hyänen, Löwen und Vielfraß. — Ganze Skelette (d. h. Knochen, welche das Skelett eines einzigen ganzen Thieres gebildet haben könnten) wurden nicht gefunden, sondern lauter vereinzelte. Man muß daher annehmen, daß Jahrhunderte hinter einander, diese Höhlen Aufenthalt von Raubthieren und deren Jungen gewesen sind, und daß diese Raubthiere Stücke von, außerhalb getödteten Thieren in ihre Wohnung, vielleicht zur Nahrung für ihre Jungen, geschleppt haben. Die Anwesenheit von solchen Thieren, welche jetzt nur noch in heißen Gegenden gefunden werden, rechtfertigt aber die Annahme, daß das Klima von Muggendorf, welches jetzt im Winter ziemlich rauh und kalt ist, früher, und während diese Höhlen schon bestanden, so warm gewesen ist, als es für das Leben jener Thiere (der Löwen, Hyänen rc.) erforderlich war. — Dasselbe zeigt sich aber noch in vielen andern ähnlichen Höhlen, namentlich in den Höhlen von Sundwig bei Iserlohn und in denen von Kirkdale (im östlichen Theile der Grafschaft York), welche vorzüglich viel Hyänenknochen enthielten (ganze Gerippe) und angenagte Stücke von Pferden, Ochsen, Hirschen rc. rc.

Hierbei ist jedoch in Anschlag zu bringen, daß die jetzt nur in heißen Gegenden lebenden Thiere es nicht verschmähen, kältere Orte aufzusuchen, wenn sie nicht von dem Menschen daran verhindert werden. Der französische Kapitän Gerard, ein berühmter Löwenjäger in Algerien, schreibt an A. v. Humboldt, daß

der Löwe höhere und kältere Gebirgsstellen gerne aufsucht und dann lebendiger ist, als in der drückenderen Hitze der Ebene. Aehnliches ist demselben Gelehrten auch brieflich aus Indien mitgetheilt worden, über andere in der heißen Zone lebenden Thiere, namentlich den Tiger. Das Thier akklimatisirt sich leichter als die Pflanze. Ist aber der Unterschied des Wärmezustandes (der Temperatur) zu groß, so sterben auch die Thiere ab in der Kälte, wenn sie eines wärmeren Klima's bedürfen, oder in der Hitze, wenn ihnen von Gott ein kälteres Klima angewiesen ist. Daher muß es, während jene Kalkgebirge schon bestanden, doch früher wärmer gewesen sein.

Woher aber diese größere Wärme in der frühesten Zeit? — Diese Frage beschäftigte im vorigen Jahrhundert und selbst noch zu Anfang des jetzigen die denkenden Naturforscher auf das Mannigfaltigste. In diesem Augenblicke bekommt die Erde alle ihre Wärme bloß von der Sonne, denn die künstliche Wärme, welche durch Verbrennung, oder durch andere chemische Mischungen und Zersetzungen erzeugt wird, ist immer nur sehr örtlich und unbedeutend; und wenn man die Wirkung der feuerspeienden Berge solchen chemischen Verbindungen oder Zersetzungen zuschreiben wollte, so wäre damit nicht die große Gesammtwärmemenge erklärt, welche die Gesammtoberfläche der Erde in den frühesten Zeiten, den angeführten Thatsachen nach, unzweifelhaft gehabt hat. Für die frühere größere Wärme an den Polen könnte man zwar noch annehmen, daß die Erdachse nach und nach in dem Erdkörper selbst immer eine andere Lage angenommen hat, d. h. daß die Pole nach und nach alle Punkte der Erdoberfläche durchlaufen haben und mit ihnen der Aequator, so daß also auch die heiße Zone nach und nach alle Theile der Erdoberfläche treffen mußte. Seit dem Verfolg der von Newton zuerst bezeichneten Ursache der Bewegung der Weltkörper, und namentlich seit dem Erscheinen der „Mechanik des Himmels“ von la Place, ist es aber mit derselben mathematischen Gewißheit

und mit derselben Genauigkeit, mit welcher das Erscheinen der Sonnen- und Mondfinsternisse fast bis auf die Sekunde vorher bestimmt wird, gänzlich außer Zweifel gesetzt, daß eine solche Wanderung der Pole um die ganze Erde herum, zu keiner Zeit hat stattfinden können; abgesehen davon, einmal, daß andere entscheidende Gründe gegen eine solche Wanderung der Pole sprechen, und dann, daß selbst die Annahme einer solchen Wanderung nicht die, durch den Zustand der Lagerungen an den Tag gelegte, gleichzeitige, gleiche Wärme an den verschiedenen Theilen der Erdoberfläche erklären würde.

Erst den mühsamen, eifrigen und fleißigen Forschungen des jetzigen Jahrhunderts, welche in allen Zweigen der Naturwissenschaften, gegen die Leistungen früherer Jahrhunderte gehalten, so Außerordentliches zu Stande gebracht haben, ist es zu verdanken, wenn wir jetzt eine Ansicht haben fassen müssen, welche alle die angeführten, im ersten Augenblicke überraschenden Erscheinungen nun durchaus hinreichend und meist ganz vollständig erklären kann und erklärt.

Schon lange hatte man in den Bergwerken die Erfahrung gemacht, daß es in den Tiefen der Erde wärmer werde. In den Goldbergwerken in Ungarn ist es so warm, daß die Bergleute keine Kleider auf dem Leibe leiden können, während die Keller der Pariser Sternwarte, welche 90 Fuß tief sind, das ganze Jahr hindurch eine und dieselbe Wärme von nur 9° R. zeigen, so daß die größere Wärme im Innern, nicht von der Sonne herrühren konnte. Man fieng nun endlich an, namentlich in den Bergwerken von Freiberg und Annaberg (im Erzgebirge des Königreichs Sachsen), sowie auch an anderen Orten, genauere Versuche darüber anzustellen, und man fand, daß die Erdwärme mit der Tiefe regelmäßig wächst. — Man wiederholte diese Versuche in zahlreichen Bohrlöchern und fand nach und nach ein überall ziemlich übereinstimmendes Gesetz der Wärmezunahme im Innern der Erde, so nämlich, daß,

wenn man ungefähr um 70—100 Fuß tiefer geht, die Erdwärme um 1° Reaumür zunimmt. Manchmal, d. h. an manchen Orten, braucht man viel weniger tief zu gehen, an andern Orten etwas mehr, um 1° Wärmezunahme zu haben. Dieß hängt offenbar mit der verschiedenen Wärmeleitungs-Fähigkeit der verschiedenen Stoffe zusammen. — Der artesische Brunnen in la Grenelle bei Paris ist 1743 Fuß tief, und sein Wasser kommt mit einer Wärme von $22\frac{1}{5}$° Reaumür zu Tage. In Neusalzwerk bei Minden ist später ein eben solcher Brunnen gebohrt worden, von 2002 Fuß Tiefe, und das Wasser hat eine Wärme von $25\frac{1}{10}$°; dieser Brunnen ist also um 259 Fuß tiefer, sein Wasser aber um 3° wärmer, wodurch sich das vor der Anlage dieser Brunnen schon ausgesprochene Gesetz der Wärmezunahme auf das Glänzendste bestätigt hat, nachdem es schon vorher in Bohrlöchern von geringerer Tiefe stets bestätigt gefunden worden ist. Das Bohrloch in Neusalzwerk ist übrigens das tiefste, was man bis jetzt hat; tiefer also gehen die Erfahrungen nicht*).

Man weiß ferner, daß die Sonnenwärme eines ganzen Sommers die Erdwärme in einer Tiefe von 100 Fuß nicht mehr verändert; die Wärmezunahme im Innern der Erde muß also von einer Wärmequelle herrühren, welche sich zur Zeit noch im Innersten der Erde befindet. — Und weil das angeführte Gesetz der Wärmezunahme, mit geringen örtlichen Abänderungen, in allen Bohrlöchern und in allen Bergwerken auf der gesammten Erdoberfläche, wo man Untersuchungen angestellt hat, sich bestätigt findet, so ist man berechtigt, darauf eine Rechnung zu gründen, welche überdieß sehr einfach ist.

*) Ein vor etwa 6 Jahren bei Neuffen in Schwaben gemachtes Bohrloch von nur 1186 Fuß Tiefe, ergab die überraschende Wärme von 36°; und wenn dieß Grade des Celsius sein sollten, so wären es doch 28° Reaumür.

Wenn nämlich bei 2000 Fuß Tiefe eine Wärme von 25° gefunden wird, und die Wärme auf 1000 Fuß tiefer um mindestens 10° zunimmt, so folgt, daß man bei 24000 Fuß Tiefe, d. h. also in der Tiefe einer Meile, auf eine Wärme von mindestens 245° Reaumür stoßen wird, und daß für jede folgende Meile tiefer die Wärme auch jedesmal um mindestens 240° zugenommen haben wird. In einer Tiefe von 10 Meilen muß man also, diesem Gesetze zu Folge, auf eine Wärme stoßen von mehr als 2400°, vielleicht von 4000—6000°, eine Wärme, welche wir auf der Erdoberfläche künstlich gerade noch hervorbringen können, und womit wir in den Hochöfen alle Mineralien und die schwerflüssigsten Gesteine und Erden in den geschmolzenen Zustand versetzen, während die leichtflüssigeren Gesteine schon bei einer weniger als halb so großen Hitze in Fluß gerathen. Die Hitze, welche wir dem angeführten Gesetze zu Folge, in einer Tiefe von 10 Meilen finden müssen, ist also so groß, daß alle daselbst befindlichen Erdarten, Mineralien und Gesteine sich ebenso wie in einem Hochofen im geschmolzenen und sogenannten weißglühenden Zustande vorfinden müssen. Da nun der Halbmesser der Erde 860 Meilen beträgt, so folgt, daß, wenn man die obersten 10 Meilen abrechnet, im Innern unserer Erde ein kugelähnlicher Kern sich vorfindet, welcher sich im geschmolzenen und weißglühenden Zustande befindet, welcher einen Durchmesser von ungefähr 1700 Meilen hat, und welcher von einer festen Schicht umgeben ist, von nur 10 Meilen Dicke; diese Dicke der festen Erdrinde beträgt also nur ungefähr den 170sten Theil von dem Durchmesser des heute noch glühend flüssigen Kernes der Erde. Bei einem künstlichen Erdglobus von 4 Fuß Durchmesser müßte also diese feste Erdrinde durch eine äußere Schicht vorgestellt werden, von etwa einem Viertelzoll Dicke; alles innerhalb dieser Schicht gelegene müßte man als im geschmolzenen Zustande befindlich sich denken. — Dem körperlichem Inhalte nach, würde dieser flüssige Kern, der eben gemachten Rechnung

zu Folge, ungefähr das 1000 millionenfache des Inhaltes der zur Zeit festen Erdrinde, auf welcher wir wohnen, betragen. Daß es bei dieser Rechnung auf mehrere Meilen mehr oder minder nicht ankommt, versteht sich von selbst. Höchst wahrscheinlich ist heute die feste Erdkruste, welche den glühenden und flüssigen Kern umgiebt, keine 10 Meilen dick, sondern noch weniger; einmal, weil im Allgemeinen weniger als 100 Fuß auf 1° Wärmezunahme kommen, und dann noch, weil nach den Gesetzen der Wärmefortpflanzung durch Leitung, je tiefer man geht, desto weniger Fuß auf 1° Wärmezunahme gehen werden.

Dieses Gesetz der Wärme-Zunahme nach unten, und folglich der Wärme-Abnahme nach oben zu, erklärt auch eine Thatsache, die man sich lange auf keine Weise erklären konnte, nämlich die größere Kälte an den höher gelegenen Orten. Nach demselben Gesetze muß nämlich ein Ort, der um 1000 Fuß höher liegt als ein anderer, in gleicher Breite liegender, eine mittlere Temperatur haben, die ungefähr 10° R. geringer ist, als die des anderen Ortes; und der Unterschied der mittleren Temperatur zweier unter gleicher Breite liegenden Orte, von denen der eine 4000 Fuß höher liegt, als der andere, muß etwa 40° R. betragen. — Wenn wir in der Wirklichkeit die Kälte an hoch gelegenen Orten nicht so groß, vielleicht kaum halb so groß finden, als sie diesem Gesetze gemäß sein muß, so ist dieß eine nothwendige Folge der Erwärmung der Luft durch diejenige Wärme, welche die Sonne auf der Erdoberfläche überall hervorbringt. Diese Wärme geht in die angrenzende Luft über und macht sie lockerer, so daß diese erwärmte Luft nun überall in die Höhe steigt, und die hoch gelegenen Stellen der Erdoberfläche fortwährend wieder erwärmt. Außerdem liegt es aber, wie wir kurz vorher schon bemerkt haben, in dem Gesetz der Wärmeverbreitung selbst schon, daß, je weiter man nach innen kommt, desto weniger Fuß auf 1° Wärmezunahme gehen werden, desto mehr aber, je weiter man sich von dem Innern entfernt. — Das in die Höhe-

strömen der wärmeren Luft an der Seite der Gebirge, und längs des Aufsteigens derselben, ist übrigens auch noch durch eine Reihe von Versuchen bestätigt. — Dieser Luftströmung nach oben schreibt man es zu, daß die Wolken ganze Tage lang getragen werden, obgleich in ihnen die kleinsten Wasserkügelchen, in Luftblasen eingehüllt, zum Herunterfallen schon bereit liegen.

Nach diesem erfahrungsmäßig festgestellten Gesetze der Wärmezunahme nach dem Innern des Erdkörpers zu, ist also in diesem Augenblicke noch, fast die ganze Erdmasse im weißglühenden und geschmolzenen Zustande, und eine verhältnißmäßig nur ganz dünne Kruste der ganzen Erdkugel ist so weit abgekühlt, daß sie fest und auf der äußersten Oberfläche zum Leben der Pflanzen und Thiere geeignet ist.

Und können wir in diesem Vorhandensein einer so großen Hitze im allergrößesten Theil des Erdkörpers, eine Unmöglichkeit erblicken, — ja nur etwas Wunderbares? — Gott, der Allmächtige, welcher das Dasein des Stoffes mit allen seinen Eigenschaften gewollt hat, — konnte Er denselben nicht mit beliebig viel Anziehungskraft, aber eben so auch mit beliebig viel jener Dehnkraft versehen, welche mit der ersteren Grundkraft einen gut gemeinten, zur Förderung und Erhaltung des Ganzen nothwendigen Kampf zu beginnen hatte, der anfänglich hitzig geführt, nach und nach immer mehr sich abkühlte, zugleich mit dem Kämpfer selbst; — ein Kampf, der, so wie er jetzt geführt wird, uns als ein gesundes, kräftiges und gedeihliches Leben erscheint? — Möchten doch die heißblütigen Revolutionsmänner und die noch nicht genug abgekühlten Männer der Linken aller Länder, welche einen allzuschnellen Fortschritt wollen, der nur mit einer Ueberstürzung, mit Vernichtung — endigen kann, — möchten aber mehr noch alle kalten Staatsmänner, welche das Leben nicht im gutgemeinten Kampfe, sondern in der Ruhe der Vermoderung und des Todes zu finden glauben, — in dem Leben der materiellen Schöpfung ein nachzuahmendes Bild sehen

und ein Beispiel daran nehmen! — Möchten die Einen und die Andern daran erkennen, daß das Leben nie etwas anderes sein kann und sein wird, als ein von beiden Seiten wohlgemeinter Kampf entgegengesetzter Kräfte, und daß es für das Ganze am Gedeihlichsten sein wird, wenn jeder kämpfende Theil zunächst im Allgemeinen die Berechtigung des andern Theils ehrlich anerkennt, in jedem einzelnen Zeitabschnitt aber, das eben jetzt nothwendig gewordene Maaß derselben. Ich kann mich von dem Gedanken nicht losreißen, daß es mit den Staatseinrichtungen nur dann erst zur Zufriedenheit aller Vernünftigen vorwärts gehen wird, und daß die Staaten nur dann erst das materielle und das geistige Wohl ihrer Angehörigen am meisten gefördert und am sichersten geschützt sehen werden, wenn man allseitig von der Ansicht durchdrungen ist, daß die menschlichen Einrichtungen der Staatsmaschinen mit den göttlichen, in der Schöpfung wahrnehmbaren, mehr in Einklang gebracht werden müssen, wozu aber auch zunächst nöthig ist, daß eine immer größere Anzahl der lebenden Menschen von den letzteren eine nähere Kenntniß genommen hat. — Man lese die Bibel, denn in ihr spricht die Liebe, welche beseeligt und welche den nothwendigen Kampf des Lebens zu einem wohlgemeinten macht; man mache sich aber auch mit Gott in seiner materiellen Schöpfung vertraut, denn nur an ihr kann man die besten, die Materie beherrschenden Einrichtungen zu treffen erlernen.

Lag es aber nur in dem Willen Gottes, den Stoff sofort mit einer beliebigen Menge jener Dehnkraft zu versehen, welche wir Wärme nennen, — warum und aus welchem Grunde wollten wir zurückschrecken vor der Annahme, daß die Erde, ja daß alle Weltkörper früher einmal ganz und vollständig im geschmolzenen Zustande, im Zustande der Weißglühhitze gewesen sind, daher auch so lange wenigstens selbstleuchtend, bis sie sich so weit abgekühlt hatten, daß sie dunkel und zunächst an ihrer Oberfläche fest wurden? — Welchen Grund haben wir, der uns abhalten könnte

anzunehmen, daß jene zahllose Menge selbstleuchtender (Fix-) Sterne, d. h. jene zahllose Menge von Sonnen, zugleich mit unserer eigenen Sonne, eben noch im geschmolzenen, weißglühenden Zustande sich befinden? — daß die Sonnenstrahlen, welche zur Erhaltung unseres Lebens so unentbehrlich, eben nur die mit Licht gepaarten Wärmestrahlen sind, welche uns jener glühend-flüssige Körper zusendet und zusenden wird, so lange er in dieser Glühhitze verbleibt? — Die meisten Physiker und Astronomen sind zwar der Meinung, daß der Kern der Sonne dunkel ist, dagegen umgeben von einer leuchtenden Atmosphäre von ungeheurem Umfange, welche Löcher von dem Durchmesser der Erde und darüber hat, die uns als Sonnenflecke erscheinen, d. h. durch welche wir den dunklen Kern erblicken. Dieselben zeigen auch aus einer Eigenschaft des Sonnenlichtes, daß es nicht ein Licht sein könne, welches ein glühender Körper von sich giebt. Allein dieser Beweis hat zur Zeit durchaus noch keine überzeugende Kraft, da wir von der Natur des Lichtes überhaupt noch zu wenig wissen, als daß wir auf dieses Wenige sichere Schlüsse bauen könnten; und was die Sonnenflecke betrifft, so können sie eben so gut Dampfmassen sein, welche der glühende Riesenkörper stellenweise mit seinen Strahlen noch nicht durchdringen kann.

Lassen wir aber unsere Vermuthungen über den augenblicklichen Zustand jener Sonnen für's erste fahren und kehren wir zu unserer Mutter Erde zurück. Von ihr ist wenigstens ziemlich sicher nachgewiesen, daß sie sich ihrem allergrößesten Theile nach noch in Glühhitze befindet; *es sind alle Beweise dafür, kein einziger dagegen.* Es ist ferner auf das Entschiedenste nachgewiesen, daß die Erde in einer früheren Periode unweit der Pole ein eben so warmes Klima gehabt hat, wie sie jetzt noch dasselbe, *vermöge der Sonnenhitze*, am Aequator hat, während jene Wärme unweit der Pole nie und zu keiner Zeit von der Sonne hat herrühren können. Folglich ist in jenen früheren Perioden die feste Erdkruste noch dünner

gewesen als heute, — die geschmolzen glühende Hauptmasse noch von größerem Durchmesser wie heute. Dieß kann nicht auffallen, und ist ganz mit den Gesetzen der Wärmeleitung übereinstimmend. — Enke hat aus dem Aufenthalt, den ein Komet erfährt (welcher in der Regel eine sehr geringe Masse hat und allemal ein sehr lockerer Körper zu sein scheint), und vermöge dessen er etwas weniges später als die Rechnung es angiebt, seinen Ort einnimmt, auf das Dasein eines sehr feinen, unseren gröberen Sinnen nicht bemerklichen (flüssigen) Stoffes geschlossen, welcher den ganzen Weltenraum erfüllt und vielleicht alle Sonnensysteme gleichmäßig durchzieht und umgiebt und den man Aether nennen mag. Bessel hat zwar dieser Annahme widersprochen, jedoch mehr negativ als positiv. Dieser Aether konnte nun jede beliebige Kälte haben und zum Ableiten der Wärme vollkommen geeignet sein.

Nehmen wir nun an, daß dieser Aether den Wärmezustand hat, den eine Luft haben würde, welche nie durch Leitung Wärme bekommen hat (von Körpern, die Sonnenwärme empfangen haben); nehmen wir also an, daß dieser Aether einen Wärmegrad hat, welchen wir eine Kälte von 50 oder 100° zu nennen belieben; muß dann nicht die größere Wärme der Erde nach und nach, dem Gesetze der Wärmeleitung zu Folge, in diesen kälteren Aether übergehen, bis sich die innere Erdwärme so weit zurückgezogen hat, daß nun nicht mehr Wärme an den Aether übergehen kann, als die Erde von der Sonne fortwährend erhält? — Und gienge nicht täglich und ohne Unterlaß die von der Sonne kommende Wärme, von der Erde wieder in den gesammten Weltenraum (mag man ihn sich leer oder mit diesem Aether gefüllt denken) über, — müßte dann nicht nach und nach und zwar bald, die Wärme der Sonnenstrahlen sich dergestalt auf der Erde sammeln und anhäufen, daß bald alles in Feuer und Flammen geriethe, was brennbar ist, und alles geschmolzen würde, was fest ist? — Und wo bliebe dann der

Mensch mit seinen Leiden und Freuden, mit seiner Geschäftigkeit und mit seinem Müßiggang? —

Poisson, welcher im Jahre 1835 eine mathematische Theorie der Wärme geschrieben hat, ist zwar der Ansicht, daß die innere Erdwärme von außen hinein gekommen ist, dadurch, daß das ganze Weltensystem, d. h. das System sämmtlicher Fixsterne, sich im Weltenraume bewege und aus einer Stelle herkomme, an welcher sie alle so bedeutend erhitzt worden sind. Danach mußten sie, nach und nach in einen kälteren Raum versetzt, von außen nach und nach abkühleu. — Immer aber bliebe die Thatsache bestehen, daß die Erde geschmolzen gewesen ist.

Wie weit zur Zeit die ganze Erde abgekühlt sein würde, wenn sie von der Sonne gar keine Wärme erhielte, sondern bloß auf ihre eigene Hitze angewiesen geblieben wäre, davon kann man sich einigermaßen einen Begriff machen, wenn man die folgende Thatsache zu Grunde legt. In Jakutzk (in Sibirien, am Ufer der Lena) ließ sich vor etwa 15 Jahren ein reicher Kaufmann, Scherschin, einen Brunnen graben. Da in jenen Breiten, zur Zeit, wo der Boden die meiste Sonnen-Wärme bekommen hat, solcher doch nur etwa 3 Fuß tief, eine Wärme hat, die nicht unter Null steht, so stieß man natürlich sogleich auf gefrorene Erde, die anfänglich eben nur unter Null sein konnte. Die Kälte des Bodens nahm mit der Tiefe zu, aber nicht lange. Bei 48 Fuß Tiefe hatte der Boden eine Kälte von $5\frac{3}{5}$° R.; bei 115 Fuß Tiefe zeigte derselbe nur noch 4° R. Kälte; es war also auf eine größere Tiefe von 67 Fuß um $1\frac{3}{5}$° R. wärmer geworden. Bei einer Tiefe von 392 Fuß betrug die Kälte des Bodens nur noch $\frac{4}{5}$° R.; es war also auf eine größere Tiefe von 277 Fuß wiederum um $3\frac{1}{5}$° R. wärmer geworden, so daß die Wärmezunahme um 1° R., im Durchschnitt einer größeren Tiefe von 90 Fuß entsprach. Man stieß endlich auf ungefrorne Erde, deren Wärme mit der größeren Tiefe wiederum zunahm, bis zuletzt das gewünschte Wasser kam; über diesen letzten Theil

der Arbeit fehlen mir aber augenblicklich die genaueren Angaben.

Aus diesen bekannten Ergebnissen kann man nun eine Reihe von Folgerungen ziehen:

1) Die Quellen der Lena müssen aus einer Tiefe heraufkommen, welche mindestens 450 Fuß unter der Erdoberfläche liegen, weil ein Wasserbecken in einem gefrorenen Boden ebenfalls bald in Eis sich verwandeln würde. — Wahrscheinlich aber kommen gerade die Quellen der Lena aus einer sehr viel größeren Tiefe herauf. — Wie Quellen so tief herauf kommen können, ebenso wie bei artesischen Brunnen das Wasser aus der großen Tiefe in die Höhe steigen kann, habe ich in einer früheren Vorlesung (in der fünften) nachgewiesen.

2) Die Wärmezunahme nach dem Innern der Erde bestätigt sich auch hier; ja sie ist viel größer als sie in wärmeren Gegenden beobachtet worden ist. Wenn anfänglich die Kälte zunahm, so sieht man darin nur, daß die geringe Wärme der sibirischen Sonne doch auch in das Innere der Erde gedrungen war, etwa bis auf 40—50 Fuß Tiefe, und daß ohne diese Wärme der Sonne, der Boden nach oben zu noch kälter gewesen sein würde. — D'Abbadie hat in Bahia (unter dem 8.° südlicher Breite) — wo die Sonnenstrahlen sehr senkrecht auffallen, — auf der Oberfläche eine Bodenwärme von 22° R. beobachtet und dann in einer Tiefe von 194 Fuß nur noch 19½° Wärme vorgefunden. — Während also in der gemäßigten Zone der Einfluß der Sonnenwärme etwa auf 100 Fuß Tiefe aufhört bemerkbar zu werden, trat dieß in Sibirien schon bei 40—50 Fuß Tiefe ein, und die tropische Sonnenhitze in Bahia machte ihre Wirkung noch auf beinahe 200 Fuß Tiefe geltend. Wäre d'Abbadie tiefer gegangen, so würde er auch die Stelle erreicht haben, wo die Bodenwärme als die kleinste sich gezeigt, wo also die Wirkung der Sonne nicht mehr bemerkbar geworden sein und von wo ab die Wärme nach dem Innern der

Erde hinwiederum gesetzmäßig zugenommen haben würde. Da er seine Untersuchungen nicht weiter fortsetzte, so konnten seine nur halb gemachten Beobachtungen leichter als ein Widerspruch gegen die Zunahme der Wärme nach dem Innern zu angesehen werden; was sie durchaus nicht sind.

3) Man kann endlich daraus schließen, daß die gesammte Erde bis weit hinein bereits im stark gefrorenen Zustande sein würde, wenn sie von der Sonne gar keine Wärme bekommen hätte.

4) Da das frühere Gedeihen der tropischen Pflanzen unweit der Pole, eine mittlere Wärme des Bodens von 25—30—40° voraussetzt, derselbe Boden aber jetzt eine mittlere Wärme hat, die höchstens Null ist, so folgt, daß seit jenen Zeiten, wo unweit der Pole tropische Pflanzen gediehen, die Erde sich um 25—30—40° abgekühlt hat.

Nun entsteht die Frage, wie lange es wohl dauern mochte, bis eine so ungeheure glühende Masse so viel sich abkühlen konnte? — In deren Beantwortung werden wir in etwas dadurch unterstützt, daß wir wissen, wie, in Palästina wenigstens, seit etwa 3000 Jahren eine weitere Abkühlung gar nicht erfolgt ist, oder doch nur eine ganz unmerkliche, so daß wir also diese 3000 Jahre, vielleicht aber noch viel mehr zurückgehen müssen.

Man hat über das Abkühlen und seine Dauer ebenfalls Erfahrungen gesammelt, theils solche die sich gelegentlich von selber ergaben, theils mittelst absichtlich dazu angestellter Versuche. In Sizilien ist eine 64 Fuß dicke Lavamasse, welche der Aetna ausgeworfen und welche eine Hitze von 2000—3000 Graden hatte, erst nach 20 Jahren so weit abgekühlt gewesen, daß sie die Temperatur der Umgebung angenommen hatte. Während sie oben fest wurde, floß sie unter dieser Decke, langsam wie immer, aber unaufhaltsam weiter, und Bewohner, deren Häuser von dieser flüssigen Lava ergriffen wurden, flüchteten sich über die obere feste Decke hinweg. — Mittelst dieser und ähnlicher Thatsachen, und mittelst der Beobachtungen, welche man an

künstlich erhitzten Massen über die Dauer der Abkühlung derselben gemacht hat, in Verbindung mit der mathematischen Wärmelehre des Fourier, welche erst 1822 ins Publikum kam, und welche strengere mathematische Rechnungen über die Wärmeverbreitung möglich machte, — hat man nun ungefähr das nachstehende Resultat herausgebracht; nämlich: es gehörten ungefähr 6 Billionen (sechs Millionen mal Millionen) Jahre dazu, um die ganze Erdoberfläche um einen Grad weiter abzukühlen, von dem Augenblicke ab, wo die Erde, wenn sie ganz geschmolzen gewesen ist, eben so weit sich bereits abgekühlt hatte, daß sie anfieng die dünnste feste Schicht zu bekommen. Wenn man nun bedenkt, daß bei dem Uebergang des flüssigen in den festen Zustand die große Wärmemenge frei wird, welche in dem flüssigen Körper als gebundene Wärme vorhanden ist, so begreift man, daß das weitere Abkühlen auch in der Folge nicht weniger Zeit erfordert und man kann daraus den Schluß ziehen, daß von der Zeit der Bildung der ersten Steinkohlenlager, bis zu dem Augenblicke, wo die Wärme nicht mehr merklich abgenommen hat, mindestens 150 Billionen Jahre verflossen sind. Wie lange also hat es bedurft, um diese großen Steinkohlenmassen nebst den Braunkohlenlagern zu bilden, welche dem, ganz spät erst auftretenden Menschen so wichtig sind, daß sie, wenigstens die Steinkohlen, jetzt die größten Reichthümer eines Staates ausmachen. Möchte man nicht fast glauben, daß diese lange Zeit des Lebens der Erde vor dem ersten Auftreten des Menschen dazu verwandt worden sei, um für den Menschen einen hinreichenden Vorrath von Brennmaterial aufzuspeichern, dessen er zu seiner geistigen Ausbildung und zu seinem materiellen Wohl gleichmäßig bedarf? Es ist zuletzt doch nicht so lächerlich, als es manchem Philosophen erscheinen muß, wenn man sich die immer größere Vervollkommnung des Einzelnen im Ganzen, als mit zu dem Zwecke der Schöpfung gehörig denkt und wenn man den Menschen als das vollkommenste Einzelne in der Schöpfung

ansieht, dessen weitere Vervollkommnung also mit zu den Zwecken der Schöpfung zählt.

Die Gewißheit, die wir nach diesen Erfahrungen erlangt haben, daß nämlich die Erde zwei Hauptwärmequellen hat, einmal die Gluth der Sonnenstrahlen und dann die Glühhitze des ganzen Erdkörpers, mit Ausnahme einer dünnen Kruste, welche ebenfalls in früheren Zeiten dünner und deshalb wärmer gewesen ist und ihre größere Wärme nach und nach, nach Außen hin verloren hat, — erklärt nun alle in den letzteren Vorlesungen angeführten Erscheinungen auf das einfachste und befriedigendste. — Wir sehen nicht nur die Möglichkeit eines so üppigen und weitverbreiteten Pflanzenwuchses in Sibirien, welcher fähig war die großen Heerden der riesigen (ausgestorbenen) Mammuths, der Ochsen, Schafe, Hirsche, Schweine und Tapire (alle größer als die jetzigen), deren Reste wir vorfinden, zu ernähren, während jetzt die Vegetation daselbst eine sehr dürftige ist, der Boden in einer Tiefe von 3 — 4 Fuß immerwährend gefroren gefunden wird, auch wenn die Sommersonne ihre größte Wirkung ausgeübt hat, und daher nur solche Sträucher und Bäume (Nadelhölzer) gedeihen, welche nicht tiefer wurzeln und dabei den starken Winterfrost ertragen.

Wir sehen auch die vielen heißen Quellen erklärt, welche z. B. in Toskana mit einer Wärme von mehr als 64 Graden hervortreten und welche diese Wärme haben müssen, sobald ihr Wasser aus einer Tiefe von etwa 6000 Fuß hervorkommt, weil in dieser Tiefe der Erdkörper bereits überall die angegebene Wärme hat, vielleicht auch schon in geringerer Tiefe. — Der große Geyser auf Island wirft sein siedend heißes Wasser hoch in die Höhe, aber in wiederkehrenden Perioden; wir begreifen nun die Ursache dieser gewaltsamen Ausbrüche, so wie die Hitze des herausgepreßten Wassers. Kommt das Wasser nämlich aus einer Tiefe von 8000 Fuß, so muß es kochen; der Wasserdampf, der sich dabei entwickelt, wird zusammengedrückt und bekommt

dadurch die nöthige Kraft, um das Wasser in solche Höhe zu schleudern. Hat er aber seinen Ausweg gefunden, so läßt seine Wirkung nach, und der neue Ausbruch erfolgt dann erst, wenn sich wiederum hinlänglich viel Expansivkraft im Dampfe entwickelt hat. Der Geyser tritt mit einer Wärme von 80 Grad Reaumür heraus. In der Umgebung des großen Geysers sind noch zwei kleinere dem großen ganz ähnliche. — In Toskana hat eine Quelle über 80 Grad R., was daher rühren mag, daß die aufgelösten Bestandtheile in ihr, über 80 Grade heiß werden konnten; auch kocht (verdampft) das Wasser unter einem größeren Druck noch nicht bei 80 Graden; z. B. unter einem Druck von 2 Atmosphären (d. h. doppelt so stark als der gewöhnliche Luftdruck) erst bei 96 Graden. — Die Töplitzer Quellen und die am Mont d'or haben eine Wärme von 38° und 21°; die von Aachen 46°; der Karlsbader Sprudel hat eine Wärme von 59°; die mit ihm heraustretenden Dämpfe geben ihm aber das Ansehen eines hoch aufkochenden Wassers. Die Burtscheider Quellen sind 62° heiß; in Südamerika bei Valencia in Trimhera findet sich dagegen eine Quelle von 72° Hitze.

Heiße Quellen sind häufig die Hinterlassenschaft derjenigen Vulkane, welche ihre Thätigkeit am längsten erhalten haben, welche also kurz vor, oder sogar erst während der Periode des Menschen ausgestorben sind.

Wir sehen ferner die wiederholten Erhebungen und Senkungen des Bodens erklärt, die langsameren und die heftigeren, wenn wir an die Wirkungen des zusammengepreßten Wasserdampfes in einer Dampfmaschine uns erinnern. In einer Tiefe von ungefähr 8000 Fuß ist nämlich die Erde schon so warm, daß das Wasser, welches bis dahin dringt, bereits in's Kochen geräth, d. h. sich in Dampf verwandelt; in dem Maße als dieser Dampf sich entwickelt, und in demselben Raum sich immer mehr zusammenpreßt, entwickelt sich auch seine ungeheure Ex-

pansivkraft, die zuletzt so groß wird, daß sie die darüber liegende Erdkruste wohl zu heben vermag; der Wasserdampf gewinnt dadurch mehr Raum, verbreitet sich in selbigem, verliert an Expansivkraft, bis der neu sich entwickelnde Dampf sie wieder vermehrt und die Hebung der darüber befindlichen Erdkruste fortsetzt. So kann das Erheben des Bodens so lange fortdauern und dabei nur sehr langsam von Statten gehen, bis entweder die Dampfentwickelung, wegen Mangel des Materials aufhört oder bis ein Abzug des Dampfes, vielleicht oft nur in den feinsten Kanälen, stattfindet; und wenn dieß letztere wiederum nur in sehr geringem Maße vor sich geht, so wird der Boden sich auch wieder nur sehr langsam senken. Schneller wird jedoch diese Senkung erfolgen, wenn der Dampf seinen Abzug in größerem Maßstabe findet. — Dieselbe Ursache kann nun, so lange die Wärme an der Stelle groß genug bleibt, sich oft genug wiederholen und mit ihr eben so oft die Wirkung.

Wir sehen ferner die Erdbeben erklärt, als die Wirkung eines schnell zuströmenden Wasserdampfes, der sich irgendwo, oft in sehr großer Entfernung, Luft macht, dabei aber mittelst seiner großen Gewalt eine lange Erdstrecke in gewaltige Erschütterung bringt.

Eben so sind die feuerspeienden Berge (Vulkane) vollkommen erklärt; es haben sich daselbst größere, bis tief in die Erde hinein gehende Oeffnungen gebildet, gleichsam Abzugskanäle für die im Innern immer auf's Neue sich bildenden (elastischen) Dämpfe. Diese Kanäle verstopfen sich leicht, öffnen sich aber eben so leicht durch die in dem geschmolzenen Erdkern auf's Neue sich entwickelnden Dämpfe aller Art (denn jeder in Dampf verwandelte Körper ist elastisch), wenn sie sich hinreichend anhäufen und die nöthige Kraft der Elastizität gewinnen. Das lose verstopfende Material wird in die Höhe gedrängt, auch in die Höhe geworfen, bei welcher Gelegenheit eine größere oder geringere Menge des flüssigen Erdkerns selber mit in die Höhe

tritt, die dann als Lava aus den Kratern ausströmt. Sind letztere zu sehr verstopft, so bilden sich auch neben den alten Kratern noch neue, aus denen die flüssige Lava herauskommt.

Die heutige Lava (der jetzt noch thätigen Vulkane) besteht ganz aus denselben Stoffen, aus denen die Urgebirge bestehen, nämlich aus Silikaten, d. h. kieselsauren Verbindungen mit Kalk, Talk, Kali und Natron. — Die Lava der vielen und weit verbreiteten ausgestorbenen Vulkane ist (chemisch) so beschaffen, wie die heutige Lava, nur daß sie zuweilen weniger glasig, mehr erdartig oder körnig aussieht, woraus sich schließen läßt, daß sie langsamer erkaltet ist, als die heutige; welches letztere daher rührt, daß die zu erkaltenden Lavamassen von einem sehr viel größerem Umfange gewesen sind, als die heutigen, und von einem größeren Umfange gewesen sein müssen, weil die Wirkung der Dämpfe, je dünner noch die festgewordene Erdkruste war, desto umfassender sein mußte. Endlich sieht man nun auch ein, daß die Urgebirge, wenigstens ihrem allergrößesten Theile nach, eigentlich nichts weiter als Lava sind, nur anfänglich von dem allergrößesten Umfange, nach und nach noch von zwar kleinerem, aber noch sehr großem Umfange, dann aber von noch kleinerem aber immer noch beträchtlichem Umfange. Die Urgebirge theilen wir daher ein in 1) granitige, die an den größeren Krystallen zu erkennen sind und die, als Lava von allergrößestem Umfange, am längsten zu ihrer Abkühlung gebraucht haben, wodurch eben die größeren Krystalle entstehen konnten; dann in 2) porphyrige, die an den, wie Körner aussehenden kleineren Krystallen zu erkennen sind, und welche, wegen ihres immer noch sehr großen Umfanges, auch immer noch so langsam abgekühlt sind, daß diese kleineren Krystalle sich bilden konnten, aber nicht mehr die größeren, die wir in den sogenannten granitigen Gesteinen vorfinden. — Diese beiden Arten von Urgebirgen nennt man auch plutonische Gebilde. — Die nächsten Ausbrüche, deren Um-

fang nicht mehr sehr beträchtlich war, bildeten die Gebirge, welche wir die vulkanischen nennen; sie sind sehr feinkörnig, welche Form von ihrer verhältnißmäßig noch schnelleren Abkühlung herrührt. Doch kann man annehmen, daß die granitigen Urgebirge Zehntausende von Jahren, die porphyrigen noch Tausende von Jahren, die sogenannten vulkanischen aber immer noch Hunderte von Jahren zu ihrer völligen Abkühlung (d. h. zur Erlangung der Temperatur der Umgebung) gebraucht haben, die erdige Lava aber (in den vorhistorischen Vulkanen) noch immer zuweilen ein Jahrhundert, weil die Lava eines Ausbruchs des Aetna von nur 64 Fuß Dicke (Mächtigkeit) zu ihrer völligen Abkühlung schon zwanzig Jahre Zeit gebrauchte, die Lava aber der vorhistorischen Vulkane zuweilen von einem sehr viel größerem Umfange gewesen ist.

Die im Meere gebildeten (Flötz-) Gebirge und selbst die Diluvial- und Alluvial-Gebilde werden auch neptunische Formationen genannt. Dazu gehört auch der derbe Kalkstein, welcher im Meere aufgelöst gewesen ist (im kohlensauren Wasser) und durch Entziehung eines Theils der Kohlensäure (theils mit der Verdunstung des Wassers, theils durch den Verbrauch derselben, zum Wachsthum der [Meer-] Pflanzen und [Meer-] Thiere) sich niedergeschlagen hat und welcher nicht schieferig (d. h. nicht geschichtet) erscheint. — Dazu gehört auch der Gyps, der Apatit (phosphorsaure Kalk) und der kohlensaure Talk (Magnesit, Bitterkalk), welche ebenfalls derb, d. h. nicht schieferig (nicht geschichtet) und auch nicht krystallinisch sind.

Dagegen giebt es auch wirklich krystallinischen Kalk, den Kalkspath, den Aragonit, den Kalksinter (der in Italien unter dem Namen Travertin als Baustein benützt wird), den Kalktuff (welcher porös und daher unreiner Kalksinter gewesen sein kann, aus welchem die Stoffe, mit denen er gemengt war, herausgewaschen sind) und den Tropfstein,

der in den Kalkhöhlen von deren Decken herunter hängt, im kohlensauren Wasser aufgelöst gewesen ist und nach Verdunstung des kohlensauren Wassers concentrisch krystallisirt erscheint. Aber eben diese augenfällige Entstehungsart des Tropfsteins läßt vermuthen, daß auch alle übrigen krystallisirten Kalksteine auf ähnliche Weise d. h. auf nassem Wege sich gebildet haben und nicht, wie die Urgebirge, auf feurigem Wege.

Einundzwanzigste Vorlesung.

Versuch eines Gemäldes der Erdbildung, wie solche den drei wirkenden Kräften gemäß, statt finden mußte oder konnte.

Sind wir durch eine Reihe wohlgeprüfter und zusammenhängender Thatsachen zu der Ueberzeugung gekommen, daß unsere Erde ihrem größten Theile nach, noch eine geschmolzene Masse bildet, und eine Hitze von mindestens 3000—4000° hat, — sind wir ferner überzeugt, daß die feste Erdkruste in einer früheren Zeit noch eine geringere Dicke besaß, wie heute, und daß die Dicke derselben durch fortgesetzte Abkühlung der Erde allmählig, wenn auch nur langsam bis zur heutigen, zugenommen hat, so sind wir von keiner Seite gehindert, dagegen aus manchem triftigen Grunde berechtigt, anzunehmen, daß der ganze Erdkörper in noch viel früherer Zeit bis an seine äußerste Oberfläche hin im weißglühenden, flüssigen Zustande gewesen ist, und dann wahrscheinlich auch selbstleuchtend. Zu dieser Annahme berechtigt uns vorzugsweise die Kugelgestalt der Erde, welche vermöge der Anziehungskraft, jeder flüssige Körper annehmen muß; und selbst die Abplattung der Erde trägt dazu bei, diese Ansicht zu unterstützen, denn sie entsteht und sie muß entstehen, sobald eine ganz flüssige Kugel sich um eine Achse in

ihm, mit einer gewissen Geschwindigkeit herumdreht, insofern am Aequator eine größere Centrifugalkraft entsteht, welcher gerade nur der flüssige Körper nachgeben kann, so daß die Halbmesser der Aequatorial-Zone sich so lange vergrößern (und die Halbmesser der übrigen Zonen in ihrem Verhältniß, wenn auch nothwendig geringer), bis zwischen dem Theil der Umdrehungsgeschwindigkeit, der uns als Centrifugalkraft erscheint, und der Anziehungskraft, das Gleichgewicht hergestellt ist; eine bereits mehrere Meilen dicke, feste Erdkruste würde zum Nachgeben nicht mehr geeignet gewesen sein.

Wenn aber mindestens schon 150 Billionen Jahre verflossen sind von der Bildung der ersten Steinkohlenlager bis zum heutigen Tage, während das Steinkohlenlager bereits einen mächtigen Pflanzenwuchs voraussetzt, und daher keine größere Wärme als 25—30 °, mithin eine ziemlich dicke, feste Erdkruste, — so mag man daraus die ungeheure Zeit abmessen, welche wiederum von dem Augenblicke an vergangen sein muß, wo die Oberfläche der Erde aufhörte selbstleuchtend zu sein und die erste, dünnste, feste Erdschicht sich bildete, bis zu dem Augenblicke hin, wo sie bis auf 25—30 ° abgekühlt war. Alle Versuche müssen scheitern, diese Zeit nur einigermaßen in Zahlen auszudrücken. — Versuchen wir es aber uns die Erde in jenem Momente zu denken, wo sie aus einem selbstleuchtenden Körper an ihrer Oberfläche eben in die Dunkelglühhitze übergeht. Nicht bloß das Wasser, welches in den jetzigen Meeren in so großer Menge vorhanden ist, und welches bereits bei 80 °, und unter einem doppelt so großen Druck doch schon bei 96 ° verdampft, sondern auch alle übrigen Stoffe, z. B. Quecksilber, Schwefel, die Alkalien rc. rc., welche bereits bei Wärmegraden verdampfen, welche geringer sind, als die, an der Erdoberfläche damals noch vorhandene Hitze (Quecksilber z. B. verdampft schon bei 280 °), — alle diese Stoffe mußten sich mit allen, gasartigen Stoffen zugleich, in der Atmosphäre befinden, rings um die gesammte

flüssige Erde herum gelagert, in einer vielleicht viele Hunderte von Meilen dicken Schicht. Indem nun der ganze Erdkörper mit Inbegriff dieser Atmosphäre, nach und nach sehr langsam seine Wärme an den Aether abgab, wurde die Masse auf der Erdoberfläche nach und nach allmählig zäher, während gleichzeitig diejenigen Dämpfe, welche zu ihrer Erhaltung am meisten Hitze bedürfen, sich niederschlugen und auf der Erdoberfläche im flüssigen Zustande sich verbreiteten. Wegen der ungleichen Erhitzung der fester werdenden Erdkruste, auf ihrer inneren und ihrer äußeren Seite, und wegen der, nothwendig damit verbundenen, ungleichen Ausdehnung, mußte dieselbe aber vielfach zerspringen und zerklüften, so daß die flüssigen Niederschläge zu der noch heißeren Masse ihren Weg fanden, dann zugleich ihrem größeren Theile nach wieder in Dämpfe verwandelt wurden und als solche wieder in die Atmosphäre zurücktraten, größere Stücken der Erdkruste, welche sie zusammengedrückt hielt, zufolge ihrer gewaltigen Expansivkraft, mit in die Höhe schleudernd. Die ganze Oberfläche der Erde mußte also vielleicht viele Millionen, ja vielleicht viele Billionen von Jahren hindurch, in immerwährendem Zustande des sich Bildens und des sich wieder Zerstörens begriffen sein, bis nach und nach die immer fortdauernde Abkühlung des Ganzen, das Zerspringen, das Zerklüften der immer zäher gewordenen Theile, immer mehr und mehr beschränkte, die neuen Durchbrüche der Dämpfe, und mit ihnen das Emporschleudern der über ihnen lagernden Massen, immer mehr verzögerte, weil immer mehr Dämpfe sich anhäufen, sich zusammenpressen mußten, bis sie diejenige Expansivkraft bekamen, daß sie die bereits dickere, festere Erdkruste auf's Neue, dann aber vielleicht auf Strecken von Hunderten von Meilen auf einmal, durchbrechen und losreißen konnten. Wurde später die zähere Erdkruste noch dicker, so drückten die Dämpfe die Massen nur in die Höhe, ohne die Kraft zu haben, sie in die Höhe zu schleudern, insofern durch die Nachgiebigkeit der gehobenen Masse

die Dämpfe mehr Raum gewannen, dadurch weniger zusammengedrückt blieben, und nun ihre Wirkung vermindert wurde.

Von nun an erst konnten Gebirge entstehen, granitige Massen, die wegen ihres großen Umfangs und wegen der noch größeren Wärme des Erdkörpers, — die noch weit über 80° war und die noch kein Wasser auf ihr duldete, so daß die Meere noch als Wasserdampf in der Atmosphäre schwammen, — nur sehr langsam abkühlen konnten, weshalb sich in ihnen die größeren Feldspath- und Quarzkrystalle bildeten, aber keine wasserhaltigen, d. h. keine Zeolithe. — Diese ersten Berge verwitterten einerseits, andererseits aber wurden sie später wieder durchbrochen und zwar viele Male, öfter aber auch die zwischen den Bergen liegenden Stellen. Spät erst konnten die heraustretenden neuen Massen durch ihre schnellere Abkühlung die Form der porphyrigen Gebirge, d. h. kleinere Krystalle bekommen, theils weil das Heraustretende nicht mehr so umfangreich, theils aber, weil die Wärme der Gesammtoberfläche der Erde bereits eine geringere ist. Auch die Porphyre haben noch keine wasserhaltigen Stoffe; auch sie sind also vom Wasserdampf noch unangefochten geblieben.

Wie die Erde sich noch bedeutend mehr abgekühlt hatte, aber noch vor dem Niederschlagen der Meere haben bereits nur noch die (kleineren) vulkanischen Ausbrüche stattgefunden; es bildeten sich der Trachyt und der Dolerit.

Als aber endlich die Erde an ihrer Oberfläche so weit abgekühlt war, daß der Wasserdampf sich niederschlug und sich in die Meere verwandelte, welche gleichzeitig eine größere Anzahl anderer Stoffe (Kohlensäure, Schwefelsäure, Salzsäure und viele andere im Wasser lösliche Stoffe) in sich aufnehmen konnten, da bahnte sich das Wasser durch die dickere, feste Erdkruste ebenfalls seinen Weg nach dem Innern der Erde. Das Wasser verwandelte sich bei mäßiger Tiefe bereits wieder in Dampf und dieser verband sich dann zum Theil mit den vorhandenen

Stoffen und bildete wasserhaltige Felsenbestandtheile, sogenannte Zeolithe, während der frei bleibende Wasserdampf zugleich wieder Hebungen und Durchbrüche veranlaßte; es entstehen nun die wasserhaltigen vulkanischen Gesteine, der Phonolith und der Basalt. — Man wolle aber dabei nicht übersehen, daß die Uebergänge in der Natur stets stetig sind, daß es also Granite geben kann, wie z. B. die Diorite und die Pyroxene, welche den Porphyren sehr nahe an liegen, der Form und dem Gehalte nach. Dasselbe gilt von dem Anschluß der vulkanischen Gesteine an die porphyrigen. Es konnten aber auch vulkanische Gesteine noch kürzere Zeit vor dem Niederschlagen der Meere sich bilden, ebenso wie bald nachher; diese beiden Steinmassen konnten dann ziemlich gleich schnell sich abkühlen, mußten deshalb in ihrer Struktur sich wenig oder gar nicht von einander unterscheiden, während die ersteren nothwendig ganz wasserfreie, die andern aber bereits wasserhaltige Stoffe in sich enthalten können. Ja es konnten die ersteren, die wasserfreien, bloß dadurch, daß sehr heiße Wasserdämpfe sie zu heben suchten, ohne sie durchbrechen zu können, sich mit den Feldspathen zu wasserhaltigen Feldspathen (Zeolithen) verwandeln. — Die (glasigen) Laven der heute noch thätigen Vulkane sind stets wasserfrei; ebenso auch die (glasigen und erdigen) Laven der ausgestorbenen Vulkane; dieß mag daher rühren, daß die Wasserdämpfe keine so große Masse zu überwinden haben und hatten, daher schneller durchbrachen, bevor sie Zeit hatten sich mit den Stoffen chemisch zu verbinden.

Wir sehen den Granit vom Granit durchbrochen (bei Heidelberg und Karlsbad); wenn aber Granite und Porphyre sich durchbrechen, so ist es immer der Porphyr, der den Granit durchbricht, und nur ausnahmsweise bricht einmal der Granit durch den Porphyr. Wir finden sogar Granit, wie an einer Stelle der sogenannten sächsischen Schweiz, welcher den (ziemlich jungen) Sandstein daselbst durchbricht. Sitzt er bloß oben

auf, so konnte er sich auch auf nassem Wege durch chemische Umwandlung eines anderen Gesteins gebildet haben.

Wir müssen aber nun, ehe ich fortfahre, dieß höchst unvollkommene Bild des Sichgestaltens des Erdkörpers weiter auszumalen, den chemischen Gehalt der einzelnen Stoffe in den Felsenmassen und auch die mechanische Zusammensetzung derselben aus diesen chemischen Verbindungen etwas näher beleuchten. Die einzelnen gleichartigen (homogenen) chemischen Verbindungen, welche in den Urgebirgen vorkommen, sind vorzüglich:

1) Quarz (Kieselsäure, Kieselerde).

2) Viererlei Verbindungen, welche Feldspathe genannt werden, und zwar Orthoklas (Adular, gewöhnlicher Feldspath) Albit, Labrador, je nachdem kieselsaure Thonerde (Thon) mit kieselsaurem Kali, oder kieselsaurem Natron, oder kieselsaurem Kalk in Verbindung getreten ist. Der (vierte) glasige Feldspath ist eine Verbindung aus den beiden ersteren, d. h. aus Kali- und Natron-Feldspath. — Der gewöhnliche Feldstein ist ein Gemenge aus Kieselerde und feinem, derben (erdigen) Feldspath.

3) Glimmer; er ist aus denselben Stoffen zusammengesetzt wie der Kalifeldspath, aber in anderem Verhältniß; er hat $\frac{1}{3}$ mehr Kieselsäure und 4 mal so viel Thon.

4) Hornblende; sie besteht aus 3fach kieselsaurer Kalkerde und 2fach kieselsaurer Talkerde; ihre schwarze Farbe hat sie noch von vielem Eisenoxydul.

5) Augit; er hat dieselben Bestandtheile wie die Hornblende, aber in anderem Verhältniß; er hat nur 2fach kieselsaure Kalkerde mit 2fach kieselsaurer Talkerde; außerdem ist er noch metallreich und davon dunkelbraun.

6) Diallag; er ist Augit mit sehr wenig Kalk und noch wasserhaltig; metallreich und dadurch schwarz gefärbt.

7) Hypersthen; er ist ebenfalls Augit; wenig Kalk,

wasserfrei aber etwas Thonerde; von Metalloxyden grünlich gefärbt.

8) Olivin; er ist kieselsaure Talkerde, chemisch verbunden mit kieselsaurem Eisenoxydul.

9) Zeolithe, d. h. die 3 Gattungen Feldspath mit Wasser.

Man kann zu den Stoffen der Urgebirge kaum mehr, oder entschieden nicht rechnen:

a) Apatit oder phosphorsaure Kalkerde;

b) Flußspath oder flußsaure (fluorsaure) Kalkerde;

c) Talkspath oder kohlensaure Talkerde;

d) Kalkspath oder kohlensaure Kalkerde;

e) Anhydrit oder schwefelsaure Kalkerde (wie der Gyps, in welchen der Anhydrit durch hinzutretende Wasserdämpfe übergehen kann);

obgleich auch diese Stoffe krystallisirt vorkommen, insofern diese letzteren Stoffe, und noch mehrere andere, nur in geringer Menge vorkommende Verbindungen [worunter namentlich sämmtliche Edelsteine, mit Ausnahme des Diamants, welcher ein einfacher Stoff (reiner Kohlenstoff) ist], auf dem nassen Wege sich heraus krystallisirt haben.

Ich habe diese hier aufgeschriebenen Stoffe mit Zahlen bezeichnet, um in der Folge meines Vortrags, bei der Nennung eines Stoffes, durch die beigefügte Zahl sogleich die chemische Zusammensetzung dieses Stoffes andeuten zu können.

Wir wollen aber noch einmal hinzufügen, daß fast nie ein Stoff ganz rein ist, sondern häufig noch andere Stoffe, wenn auch nur in sehr kleinen Mengen, theils beigemischt, theils beigemengt enthält. Namentlich rühren die dunklen Färbungen häufig von einer anwesenden geringen Menge Kohlenstoffs her; die meisten Färbungen aber von sehr geringen Mengen von Metall-Oxyden oder Oxydulen, besonders die rothgelben und hellbräunlichen Färbungen, wie die dunkelbraunen und braunschwärzlichen, von Eisen-Oxydul, Eisen-Oxyd und Mangan-Super-Oxyd (Braunstein). — Den künstlich fabrizirten Stein, welchen

wir „Glas" nennen, färben wir grün mit Eisen-Oxydul, roth mit Kupfer-Oxydul, blau mit Kobalt-Oxydul, gelb mit Silber-Oxyd, braun mit Eisen-Oxyd; und nimmt man etwas mehr Eisen-Oxyd, so wird es dunkler und schwarz. — Es giebt übrigens Glas (das Wasserglas) (welches nur ein einfaches Salz ist, nämlich bloß kieselsaures Kali), das sich in Wasser auflöst und zum Anstrich benützt wird. — Das gewöhnliche Glas dagegen ist ein Doppelsalz aus kieselsaurem Kali und kieselsaurem Kalk, oder (statt des letzteren auch) kieselsaurer Thonerde. Vieles Glas enthält auch Blei-Oxyd in größerer Menge zugesetzt, wodurch es ein reineres, klareres Aussehen bekommt und die Farben lebhafter bricht (Kronenglas und Flintglas).

Die granitigen Massen sind nun vorzüglich:

A. Granit-Quarz-Gesteine, nämlich

1) Granit, eine mechanische Verbindung aus Quarz- (1), gemeinen (Kali-)Feldspath- (2) und Glimmer- (3) Krystallen, zuweilen hat er zweierlei Feldspath;
2) Syenit, d. h. Feldspath und Hornblende (4), zuweilen auch noch Quarz, oder noch Quarz und Glimmer;
3) Diorit oder Grünstein, eine mechanische Verbindung aus weißem oder hellgrünem Natronfeldspath (2) und dunkelbrauner oder schwarzgrüner Hornblende.

Hierauf folgen:

B. Die Granit-Augit-Gesteine oder Pyroxene, in denen neben Kalkfeldspath (Labrador) noch Augit, Diallag oder Hypersthen (5—7) auftritt. — Zu ihnen gehören:

1) Trapp, ein Gemenge aus Augit und Labrador;
2) Gabbro oder Euphotid, ein Gemenge aus Diallag und Labrador;
3) Diabas oder Hypersthenfels, ein Gemenge aus Hypersthen und Labrador, gewöhnlich mit etwas Chlorit (Thon mit kieselsaurer Talkerde) chemisch verbunden.

In den granitigen Massen sind eingebettet: Granat, Epidot,

Turmalin, Topas, Korund, Zirkon. Alle diese seltenen Steine sind Silikate, mit den seltenen Glycin-, Beryll- oder Zirkon-Erden.

Zu den porphyrigen Massen gehören:

a) die Quarzporphyre, welche den Feldstein (d. h. ein Gemenge aus Kieselerde mit feinem derben Feldspath) als Grundmasse haben, namentlich
   1) Feldsteinporphyr;
   2) Grünstein- oder Diorit-Porphyr (dieselbe Masse wie der Grünstein, aber feinkörniger);
   3) Hornsteinporphyr, viel Quarz und wenig Feldspath in innigster Verbindung;
   4) Hornfels, welcher die eben genannte Zusammensetzung, aber noch Turmalin oder Schörl hat;

b) die Augit-Porphyre (Melaphyre), ein inniges Gemenge von Labrador und Augiten, auch Olivin (8). — Ihren Namen Melaphyre haben sie von ihrem schwarzen Aussehen.

Man erkennt, daß die unter a) und b) aufgeführten Porphyre im Allgemeinen nichts anders sind als bezüglich die unter A. und B. aufgeführten granitigen Gesteine, nur in kleineren Krystallen.

Die vulkanischen Gesteine sind:

1) Trachyt; die Feldspathe ohne Wasser (d. h. keine Zeolithe), sonst der Mischung a) ähnlich;
2) Phonolith; mit Wasser (Zeolithe) und glasigem Feldspath (2), sonst derselbe chemische Gehalt wie Trachyt;
3) Dolerit, von seinen domartigen Gestaltungen auch Domit genannt; Feldspath (ohne Wasser) und Augite (also die Mischung b);
4) Basalt, dasselbe wie Dolerit, aber Zeolithe (d. h. mit Wasser).

In dem granitigen und porphyrigen Gestein kommen nie Zeolithe vor. Bei den vulkanischen Gesteinen sieht man immer,

wie der Phonolith den Trachyt, und der Basalt den Dolerit durchbrochen hat, so daß Phonolith und Basalt die jüngeren Durchbrüche sind, dagegen Trachyt und Dolerit die älteren.

Ihrem chemischen Inhalte nach sind die neueren Laven von den vorhistorischen Laven, d. h. von dem eben angeführten vulkanischen Gestein, nicht verschieden; nur in der Form. — Vulkane mit den chemischen Bestandtheilen des Granits findet man nicht.

Die neuere Lava hat oft eine besonders eigenthümliche Form; sie ist unten fest und compact, dunkel pechfarbig, wird nach oben zu immer loser und zuletzt schaumartig; der untere Theil wird Obsidian genannt, der obere Bimstein; beide Theile aber sind chemisch gleich zusammengesetzt, und zwar so wie der Alkali-Feldspath, nur daß sie viel weniger und sehr wenig von den Alkalien enthalten. Man schließt daraus, daß dieselbe Masse, welche die plutonischen und die vulkanischen Steine hervorbrachte, hier dadurch sich verändert hat, daß die große Hitze unter sehr geringem Druck die Alkalien des Feldspaths in Dampf verwandelte (verflüchtigte), und daß dieser Dampf, im Entweichen, die Masse lockerte, und natürlich nach oben zu am meisten. Man hat, um hierüber Gewißheit zu erlangen, Feldspath in sehr großer Hitze künstlich geschmolzen, gleichsam gekocht, und in der That bildete sich das Gqnze, als es langsam abgekühlt wurde, genau so wie die heutige Lava; unten Obsidian, oben Bimstein, und ein stetiger Uebergang von dem einen zu dem andern von unten nach oben. — Der Obsidian ist in verschiedenen Laven, seiner Form nach verschieden, und heißt dann bald Perlstein, bald Pechstein; der letztere sieht genau wie Pech aus.

Die älteren Laven haben alle durchaus, aber nach oben zu, größere Blasen (Blasenstein) in Mandelform, welche zuweilen, bei den noch älteren Laven (Basalten) oft ganz, mit fremden Stoffen, hartem Stein, ausgefüllt sind; dieß Gestein

wird dann Mandelstein genannt, und die Mandeln, von härterem Gestein, bleiben zurück, wenn der übrige Theil des Gesteins bereits verwittert ist.

Die Bildung der einzelnen chemischen Verbindungen, aus denen alle Urgebirge mechanisch zusammengesetzt sind, erklärt sich aus den in der gesammten flüssigen Masse des Erdkörpers vorhandenen einfachen Stoffen oder binären Verbindungen und aus dem Umstande, daß die einfachen und zusammengesetzten Stoffe sich nur nach bestimmten Mischungsverhältnissen (Atomen) mit einander chemisch verbinden. Auch hierüber hat man auf künstlichem Wege Versuche angestellt. Der berühmte Chemiker Mitscherlich erklärt, denselben zu Folge:

„Besteht eine geschmolzene Masse aus überschüssiger Kie„selsäure, aus Thonerde und Kali in dem Verhältniß, daß der „Sauerstoff der Thonerde sich zu dem des Kali verhält, wie 3 „zu 1, so wird sie beim Erkalten Quarz und (Kali-) Feldspath „liefern; enthält sie mehr Thonerde, so wird sie aus Quarz, „Feldspath und Glimmer bestehen (d. h. ein wahrer Granit sein); „enthält sie 4 mal mehr Thonerde als zur Feldspathbildung nöthig „ist, so besteht sie blos aus Quarz und Glimmer. Enthält sie „noch Kalkerde und Eisenoxydul, so wird sie auch Hornblende „liefern." —

Es wird also an einer Stelle Granit, Syenit oder Diorit (Grünstein) entstehen, je nachdem weniger Thon oder mehr Thon, und entweder gar kein Kalk oder Kalk (nebst Eisenoxydul) an derselben Stelle vorhanden ist. Und wenn alle Basen von der vorhandenen Kieselsäure gesättigt sind, so kann auch noch freie Kieselsäure (Quarz) übrig bleiben, wenn sie an dieser Stelle in hinreichend großer Menge vorhanden ist.

Um sich endlich auch die Unterschiede der Stoffe in den Urgebirgen zu erklären, muß man noch das specifische Gewicht

der einzelnen gleichartigen Stoffe berücksichtigen. In der, wenn auch zähflüssigen Erdkugel mußten sich nämlich nach und nach die schwersten Stoffe nach unten, d. h. nach dem Mittelpunkte zu senken und allmählig die leichteren über die schwereren sich lagern. In der That ist das mittlere specifische Gewicht sämmtlicher Stoffe auf der jetzt festen Erdkruste, soweit wir derselben haben habhaft werden können, oder vielmehr das aus den specifischen Gewichten der einzelnen Stoffe nach Verhältniß ihrer vorkommenden Mengen berechnete specifische Gewicht der äußersten Erdkruste, bis zu einer Tiefe von 2000—2500 Fuß, ohngefähr = $2\frac{7}{10}$ (d. h. ein Kubikfuß dieser Kruste wiegt im Mittel $2\frac{7}{10}$ mal so viel als ein Kubikfuß Wasser); während das specifische Gewicht der ganzen Erdkugel (aus Untersuchungen über Anziehungen) nahe hin = $5\frac{1}{2}$ gefunden worden ist; also liegen nach dem Mittelpunkt hin die schwereren Stoffe, wahrscheinlich viele der schwereren Metalle*). War nun die ganze Erde bis an ihre äußerste Oberfläche einmal flüssig, so lagerten sich (auch auf den obersten Schichten) die schwereren Stoffe, nämlich die (metallreichen) Augite (also auch Diallag und Hypersthen) mit Kalkfeldspath nach unten, die leichteren Stoffe nämlich Glimmer und Hornblende mit den Kalifeldspathen und der freien Kieselsäure nach oben. Die zuerst gehobenen und natürlich auch die umfangreichsten Massen bildeten daher den Granit, den Syenit und den Diorit mit ihren leichteren Bestandtheilen; später kamen aus größerer Tiefe die (schwereren) Pyroxene. Ebenso sehen wir die (leichteren) rothen Porphyre wieder als die ersteren, denn sie werden von den (schwereren)

---

*) Das spezifische Gewicht der Metalle: Iridium, Platin, Gold, Quecksilber ꝛc. ist bezüglich 24, 21, 19, 14 ꝛc. — Bei obiger Berechnung des specifischen Gewichtes der äußersten Erdkruste ist noch überdieß das Wasser der Meere mit gerechnet, dessen specifisches Gewicht nicht viel größer als 1 ist.

schwarzen Porphyren (den Melaphyren) durchbrochen gefunden. Endlich findet man auch in der Regel den (leichteren) Trachyt von dem (schwereren) Dolerit durchbrochen, so daß der letztere unten lag. Oben aber haben wir bereits darauf aufmerksam werden müssen, daß wahrscheinlich der Phonolith nichts als Trachyt ist, der nur durch die aufsteigenden Wasserdämpfe, die nicht entweichen konnten, umgewandelt (metamorphosirt) wurde; und daß ebenso der Basalt vielleicht auch nur ein auf demselben Wege umgewandelter Dolerit ist.

In allen vier Hauptarten der Form, nämlich Granit, Porphyr, Trachyt (oder Phonolith) und Dolerit (oder Basalt) kehren also überhaupt zweierlei Mischungen wieder, von denen die eine durch Quarz, Glimmer und Hornblendegehalt und alkalische Feldspathe, die andern durch Augit, Diallag, Olivin, Hypersthen und Kalkfeldspath ihren Charakter bekommt. Da die plutonischen Massen (d. h. die granitigen und porphyrigen) vielleicht Millionen von Jahren sich gebildet und wieder zerstört und wieder gebildet haben, und vielleicht auch noch die wasserfreien vulkanischen Massen, bevor die Erde so weit erkaltet war, daß sich die Meere aus der Atmosphäre niederschlugen; und da gleichzeitig alle die Säuren, als namentlich die Kohlensäure, Schwefelsäure, Salzsäure ꝛc., deren Verbindungen jetzt noch im Meere aufgelöst sich vorfinden und in früherer Zeit sich noch in weit größeren Mengen daselbst sich vorgefunden haben, — da also alle diese Säuren, zugleich mit den heißen Wasserdämpfen, sich in der Atmosphäre befanden, — so mußte sich die (schwere und daher nach unten sich senkende) Kohlensäure durch Wahlverwandtschaft mit den Alkalien der Feldspathe, und ebenso die Schwefelsäuren mit der Thonerde derselben (oder des Glimmers oder der Hornblende) zu kohlensauren Alkalien (Pottasche, Soda) und zu schwefelsaurem Thon (Alaun) bilden, welche in Wasser auflöslich sind, welche also sich mit den heißen Wasserdämpfen an der Oberfläche verbinden und verflüchtigen konnten. Da-

durch zerfiel das Gestein auf der Oberfläche, und zwar, in so ferne diese verwitterte, sand- oder erdartige Masse nicht auf derselben Stelle blieb, bis weit hinein, eben so viele Jahre lang ununterbrochen. Als nun zuletzt die Meere aus der Atmosphäre sich niederschlugen und zwar in ziemlich kurzer Zeit auf einmal, d. h. als rings um die Erde herum gleichzeitige Wolkenbrüche, deren Stärke und Massenhaftigkeit mit keinem heutigen auch nur im entferntesten verglichen werden kann, da der stärkste heutige Niederschlag, gegen jene, nur als ein Gedanke an den gelindesten Sprühregen sich ausnehmen dürfte, — da mußten alle diese sand- und erdartigen Massen und größeren Gerölle mit fortgespült, das auflösliche vollends aufgelöst, das unauflösliche aber zugleich mit dem Wasser, in den tieferen Stellen nach und nach abgelagert werden. Das Wasser mußte zugleich durch die nothwendig vorhandenen Spalten tief in das Innere der Erde eindringen, dort sich wieder in Dampf verwandeln; und so konnten und mußten auf's Neue die großartigsten Massen flüssigen Gesteins in die Höhe getrieben werden, welche diese ersten Ablagerungen, dieses erste geschichtete Gestein, theilweise wieder mit in die Höhe hob, trocken legte, aber auch mannigfaltig veränderte. So konnten die krystallisirten Schiefer entstehen, d. h. das Gestein, welches geschichtet und krystallisirt zugleich ist. Aehnliches konnte sich später noch oft wiederholen. So sehen wir neben dem Granit die eben so massenhaften Gneis-Gebirge und den umfangreichen Chloritschiefer (kieselsaure Thonerde mit kieselsaurer Talkerde und noch mit Krystallisations-Wasser) erklärt. — Der Granit und der Gneis tritt am allermeisten und am allermassigsten auf.

Ich will aber dabei nicht in Abrede stellen, daß häufig auch krystallinische Schiefer auf nassem Wege sich gebildet haben, namentlich durch Umwandlung anderer Gesteine mittelst chemischer Wahlverwandschaft entstanden seyn können.

Die krystallinischen Schiefer lassen sich übrigens eintheilen in
A. krystallinische Feldspathschiefer;
B. krystallinische Glimmerschiefer;
C. krystallinische Talkschiefer.

Als die freien Säuren der Atmosphäre, namentlich die Kohlensäure, Schwefelsäure, Salzsäure 2c., (welche bei geringerer Hitze verdampfen und daher später als die Meere, sich niederschlagen konnten, vielleicht aber auch mit dem Wasser zugleich zu kohlensaurem, schwefelsaurem 2c. Wasser verbunden) sich niederschlugen, da löste das Meer als kohlensaures Wasser die kohlensaure Kalkerde, die bei dem Verwittern des Kalkfeldspaths und der Hornblende sich bildet, auf; ebenso aber auch verband sich die flüssige Schwefelsäure durch Wahlverwandschaft mit der Thonerde des Feldspaths, des Glimmers, der Hornblende 2c., zu Alaun, der sich zugleich im Wasser auflöste. Das letztere mußte auch mit den Metallen geschehen in den Augiten, aus denen Vitriole wurden, welche sich im Meerwasser auflösten, alles den bekannten chemischen Gesetzen entsprechend, welche wiederum Folge des Wirkens der Polarkraft sind. Es konnten sich auf ähnliche Weise noch viele andere Auflösungen im Meere bilden, auch von Chlor- und Fluor-Verbindungen z. B. von Kochsalz, indem sich die Salzsäure mit dem Natron des Feldspaths verband, wodurch mittelst Doppelwahlverwandschaft, Chlor-Natrium (Kochsalz) und Wasser entstand. — Wurde nun diesen Auflösungen z. B. die Kohlensäure (auf die schon öfter angedeutete Weise) entzogen, so setzte sich die kohlensaure Kalkerde im Meere ab und es entstand der derbe (ungeschichtete) Kalkstein *), den die immer noch im großen Umfange hervor-

---

*) Auf diese Weise hat sich noch in der neueren (menschlich historischen) Zeit eine Kalkbank gebildet, welche vollkommen erhaltene Menschenknochen in sich schließt.

An den Küsten von Neuholland findet man Kalkröhren,

brechenden glühenden Massen auch in krystallinischen Zustand versetzen d. h. in den Urkalkstein (Marmor) verwandeln konnten. Die großen Massen Thon, welche die Feldspathe, besonders aber der Glimmer und die Hornblende lieferten, aus denen die Alkalien und die Kalkerde ausgelaugt war, wurden von der Schwefelsäure nur zum Theil zersetzt, und es bildete sich aus dem übrigen der (geschichtete) Thonschiefer (d. h. der durch den großen Druck des darüber Gelagerten und des Meeres, zu Stein gewordene Thon), welcher durch dieselbe kurz vorher erwähnte Hitze (der neu aufsteigenden noch so umfangreichen geschmolzenen Massen) in den (geschichteten) Urthonschiefer verwandelt werden konnte. So erklärt es sich, wenn wir große Lager von den oben aufgezählten krystallinischen Feldspath-, Glimmer- und Talk-Schiefern, mit Urthonschiefer und Urkalkstein abwechseln sehen.

Während der Zeit, in welcher sich das Meer von einer Temperatur von 80°, ja vielleicht von 96° und darüber, (da die Atmosphäre damals einen viel größeren Druck ausüben mußte, weil sie um soviel größer war, die untersten Schichten also von einem viel größerem Gewicht der darüber lagernden zusammengedrückt wurden) — und da das Wasser unter dem Doppelten des jetzigen atmosphärischen Druckes erst bei 96° kocht (d. h. verdampft), — mußte, wegen der größeren Wärme auf der Gesammt-Oberfläche der Erde, auch eine bei weitem größere tägliche Verdunstung der Meere statt finden, als heute; die Masse der fallenden Regen mußte also die des jetzt fallenden um ein großes Vielfaches übertreffen; das Verwittern der krystallinischen und der bereits trocken gelegten geschichteten Mas-

---

welche dadurch entstehen, daß das Meerwasser wiederholt Gewächse bespült, nachher mit seiner Kohlensäure verdunstet, und so die Gewächse mit kohlensaurer Kalkerde überzieht, während jene dann unter dieser Kruste verwesen.

sen mußte daher in immer noch großem Maaßstabe vor sich gehen und auch das Hineinspülen der verwitterten, in Trümmer und Sand oder Erde verwandelten Steine in das Meer; folglich auch das Bilden neuer geschichteter Gesteine; während auf der andern Seite das Niederschlagen der im Meere aufgelösten Massen sich ebenfalls fortsetzt, also neue derbe Gesteine gebildet werden, welche alle wieder durch das Aufsteigen glühend flüssiger Massen in die Höhe geworfen oder in die Höhe gehoben und trocken gelegt werden konnten. —

Dieß dauerte so fort bis zu dem heutigen Tage, nur daß die Ausbrüche der geschmolzenen Massen nach und nach immer weniger häufig und im Allgemeinen weniger umfangreich wurden, so daß z. B. nicht mehr Urkalkstein entstehen konnte, wenn man auch an einigen Stellen im Innern der Erde und in der Nähe von Urgebirgsmassen den Thon stellenweise noch roth gebrannt sieht, wie unsere künstlichen Ziegelsteine, auch sonst noch größere gefrittete (d. h. angeschmolzene) Stellen von geschichtetem Gestein wahrnimmt.

Als die Erde vielleicht bis zu 40 ° (an ihrer Oberfläche) abgekühlt war, konnten sich im Wasser die ersten Pflanzen, bei einer noch größeren Abkühlung auch Pflanzen des Landes bilden, sowie (höchst wahrscheinlich nach den Pflanzen) Thiere, wo wiederum die Meer-Thiere sehr lange existiren konnten, ehe aus der Atmosphäre alle die Bestandtheile sich niedergeschlagen hatten, welche das Leben durch Luftathmung unmöglich machten; weshalb wir auch erst am Ende der Steinkohlen-Periode das erste Amphibium finden (d. h. das erste Thier, welches Luft athmet, obgleich es auch im Wasser sich aufhalten kann).

Als die Erde so weit abgekühlt und ihre feste Kruste so dick geworden war, daß nur noch vereinzelte Hebungen statt fanden (und auch wieder Senkungen), — da konnten die Gewässer das verwitterte Gestein, so wie die Pflanzen und Thierreste

noch immer zusammenschwemmen, sowohl auf den Grund der Meere, wie auf das tief liegende Festland; auch können und werden sich heute noch geschichtete Massen im Meere bilden, welche auch die Härte des Steins annehmen, wenn das Meerwasser über ihnen hoch genug steht, so daß sie einen hinlänglichen Druck erfahren; diese Steine werden aber desto lockerer erscheinen, je geringer dieser Druck ist. Die Zusammenschwemmungen auf trockenem Tiefland dagegen, werden zwar nach und nach eine größere Mächtigkeit (Dicke) erreichen können, so daß die untersten Schichten durch den Druck der darüber liegenden noch immer etwas Festigkeit bekommen können; die oberen Schichten werden aber weniger fest sein und nach und nach den lockeren Zustand von Sand und Erde behalten. Das erstere wird mehr in der (vorhistorischen) Diluvial-Periode, das letztere mehr in der jetzigen, nämlich in der Alluvial-Periode der Fall sein.

Ich gebe jetzt noch eine Uebersicht der Flötzgebirge, in der Ordnung, wie sie von unten nach oben auf einander folgen.

A. Die primären Flötzgebirge.

I. Grauwackenformation.

a) Cambrisches System. Zu unterst Urthonschiefer (rother); dann (geschichteter) Thonschiefer (Tafel- oder Dachschiefer), Wetzschiefer, Alaunschiefer. Die schwarzen Färbungen durch Kohle deuten auf Anwesenheit organischer Substanzen. Grauwackenkalkstein oder Uebergangskalk; dann Sandstein. Man findet aber noch keine, oder doch nur Spuren von Versteinerungen.

b) Silurisches System. Grauwacke, Grauwackenschiefer, sand- und glimmerreiche Thonschiefer (Kieselschiefer) mit Kalk abwechselnd; zuletzt hellerer Sandstein; reiche Versteinerungen.

c) Devonisches System. Eine Reihe von Kalk-Mergel und Sandstein-Schichten; weniger reiche Versteinerungen.

Diese Grauwackenformation heißt auch Uebergangsformation, weil sie den Uebergang bildet zwischen dem darunter liegenden Granit oder Urgestein und dem darüber lagernden entschieden nur geschichteten oder derben (erdigen) Gestein, während sie selber abwechselnd Lagen von abermals krystallisirtem, aber vorher doch im Wasser sich gebildet habenden Gestein enthält. Sie wurde von Murchison auch das paläozoische Gebilde genannt.

II. Kohlengruppe. Wiederum Kalkstein, Thonschichten und Sandstein; dazwischen die Kohlenschichten; viele Conchylien, Trölubiten (eine Art Krebse, die nur schwammen).

III. Das Perm'sche System.

a) Der jüngere rothe Sandstein (das roth- oder todtliegende).

b) Der Kupferschiefer. Mit Fischen; hat er kein Erz, so wird er bituminöser Mergelschiefer genannt. Stinkstein; in diesem Schiefer bis zum Stinkstein, öfter Dolomit (Rauhwacke); Gyps. — Dazwischen Steinsalzknollen.

c) Der Zechstein (magnesian limestone). — Im Zechstein finden sich die ersten luftathmenden Rückgratthiere.

B. Die sekundären Flötzgebirge.

I. Die Trias, nämlich bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper. — Im bunten Sandstein wenig oder keine Versteinerungen; im Muschelkalk viele. — Der Keuper besteht aus dünnen, vielfach sich über einander lagernden Schichten von Mergel und Sandstein. Man unterscheidet drei Schichten des Keuper; die (unterste) Lettenschicht, auf welcher die Lettenkohle sitzt; die mittlere Schicht hat sehr dünne, mit einander abwechselnde Lagen von Gyps und Mergel; die oberste Schicht (bunter Keuper) hat bloß (Stein-)Mergel. — Bei Hildburghausen fand man in dem Sandstein Spuren größerer Thierfüße eingedrückt.

II. Die Jura- oder Oolith-Gruppe. — Sie besteht aus

ähnlichen Schichten, wie die Trias, ist aber ärmer an Sandstein. Sie wird eingetheilt in

a) unterer oder schwarzer Jura (Lias); er hat schwarzgrünen Kalkstein oder Mergel, nach oben geschiefert; dann Lias-Sandstein von Gryphitenkalk überlagert; an Versteinerungen ärmere Thone; zuletzt Liasschiefer mit wunderbaren Amphibien.

b) Der mittlere (braune) Jura hat zu unterst und zu oberst zwei mächtige Schichten von blauem Thon; dazwischen Mergel mit Thon und einzelnen Kalkbänken; oberen Lias-Sandstein (brauner, eisenschüssiger Sandstein); Schichten von körnigem Thoneisenstein. Viele Versteinerungen, obgleich nicht so viele als im Lias. Die ersten Säugethiere (in England).

c) Der obere (weiße) Jura. Unten dünne Mergelschichten; dann vorherrschender Kalkstein, gelblich bis in's weiße (Korallentrümmergestein). Viele Polypengehäuse. Ganz oben schieferiger Kalkstein, Lithographenschiefer; in ihm die fliegende Eidechse (Pterodaktylus). — In England ist die oberste Schicht ein bituminöses Thonlager; darüber eine homogene Kalkschicht, der Portlandstein, aus welchem die Prachtgebäude in London gebaut sind. Nördlich von Regensburg bis zum Main große Massen Dolomit.

III. Die Kreideformation. Kalk (Kreide) und Sandstein. Süßwasser- und Landthiere in eisenschüssigem Sandstein. Der untere (Quader-)Sandstein gewöhnlich ohne Bindemittel, zuweilen mit etwas Mergel. Seltene Versteinerungen; ein ganzes Vogelskelett im Glarner Schiefer.

Dann folgt die weiße Kreide, auch im festeren Zustand als Plöner-Kalk, auch mergelartig. In ihr, Feuersteine (Kieselsäure, die im Wasser aufgelöst war) mit eingeschlossenen Thierresten, selbst ganzen Thieren; auch mit Baccillarien (kleinste mikroskopische Kieselschaalenthiere). Glieder-

thiere, — Rückgratthiere selten, — luftathmende Rückgratthiere fehlen fast ganz.

C. Die tertiäre Formation.

Kalkstein, Sandstein, Mergellager und Thonflötze abwechselnd. Ausgezeichnet durch die Menge des organischen Lebens; nach und nach immer größere Aehnlichkeit mit dem gegenwärtigen. Braunkohlen. (Die Braunkohle erscheint als im Tiefland zusammengeschwemmtes Gehölz mit Schlamm durchzogen, wie man heute noch ähnliche Zusammenschwemmungen von Baumstämmen, Gesträuch, Blättern rc. am Ausfluß des Mississippi bemerken kann, wenn sie dort zur Zeit auch noch nicht in Braunkohle verwandelt sind). Häufiges Auftreten von Süßwassergebilden. Häufiges Vorkommen von Säugethieren. Diese Formation wird in untere Schichten (eocene Formation), mittlere (miocene Formation) und obere Schichten (pliocene Formation) getheilt, deren Namen den verschiedenen Gehalt an Organismen andeuten. Die Thonlager und die Sandsteine sind nicht mehr recht fest (Knollenstein); plastischer (oder Töpfer-) Thon; oben Lehm. Dieser Thon läßt das Wasser nicht durch; es sammelt sich durch die schiefen Schichten an; daher ist er der Fundort für artesische Brunnen. — Grobkalk (Kalk mit groben Sandkörnern, das einzige Baumaterial der Pariser).

Die mittlere (miocene) Formation heißt auch die Molassen-Formation, nach dem Sandstein (und Baustein) der Schweiz, welcher Molasse genannt wird; sie nimmt nach und nach den Charakter von Conglomerat an. — Nagelflüh ist Molasse mit unverwitterten Knollen, mehr Kalk als Sandstein.

Dann kommen die Tegelgebilde. (Sehr loser) Muschelsandstein; Süßwasserkalk; die Gewächse noch vorwiegend tropisch. Im Mainzer Becken merkwürdig viele Säugethierreste an hochgelegenen Stellen (Mastodonten, Rhinoceros rc. rc.).

Die nun folgenden oberen (pliocenen) Schichten werden auch die Subappeninenformation genannt. — Wech-

selnde Sand- und Mergel-Schichten; ein großer Reichthum von Meer-Organismen; auch Süßwasser-Organismen. Jetzt lebende Seethiere, aber kein einziges der jetzt lebenden Landthiere. Diese Schichten sind weit verbreitet; sie scheinen durch Flüsse und in Süßwasserseen gebildet. Biliner Polirschiefer ꝛc. mit einer ungeheuren Masse von mikroskopischen Kieselschaalthieren, oder vielmehr ganz von diesen Schaalen gebildet.

D. Die Diluvialgebilde.

Sie sind im festen Tieflande gebildet. Noch loserer Zusammenhang. Lehm, Sand, Kies (d. h. im Wasser abgerundete kleine Kalktrümmer) und Gerölle. Sie sind noch weiter verbreitet als die pliocenen Schichten der tertiären Formation. In ihnen finden sich ganze Thiergerippe im Zusammenhange; in Sibirien eingefroren, aufrechtstehend und einige noch mit Fleisch und Haut bedeckt. — Noch immer keine Spur von Menschen.

In der untersten Schicht der Diluvialgebilde, oder wenn man will, in der obersten Schicht der Tertiär-Formation finden sich die Gebeine von Mastodonten, Nashörnern, Nilpferden, Hirschen, Pferden, Hunden, Katzen, Hyänen, Bären, Affen und Nagethieren.

E. Die Alluvial- oder jetzige Periode.

Noch loserer Sand und Schutt; Lehm- und Mergel-Lager; Menschenknochen (und Kunstprodukte); und diese sind für uns die Veranlassung zur Absonderurg dieser Periode von der vorhergehenden. Noch zum Bauen brauchbare Sandsteine, wenn auch sehr lose. Dammerde (Humus) und Torf (die auf dem früheren Festlande, vom Erscheinen der Pflanzen an, gewiß auch nie gefehlt haben; dieß beweist auch der Umstand, daß Ehrenberg in der Steinkohle Baccillarien entdeckt hat.

Fügen wir noch einige Bemerkungen hinzu, um ein, wenn auch immer noch höchst unvollkommenes, aber doch ein mög-

lichst anschauliches Bild zu geben. Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß die erste Lebenszeit der Erde bis zu dem Augenblick, wo die ersten Pflanzen sich bilden konnten, verhältnißmäßig die bei weitem längste gewesen ist; Niemand vermag es, die Billionen und Trillionen der Jahre zu berechnen, die dazu erforderlich waren. Am Ende dieses ersten Zeitabschnitts hatten sich schon geschichtete Gesteine gebildet, vielleicht auch schon lange vor diesem Ende. — Der zweite Lebens-Abschnitt der Erde, vom ersten Auftreten der Pflanzen bis zum ersten Auftreten des Menschen umfaßt noch immer Billionen von Jahren, und man kann sie nach dem Vorwalten der weniger oder mehr vollkommenen Thier-Bevölkerung in drei Abtheilungen zerfällen, nämlich:

a) in die Periode der Fischorganisation;

b) in die Periode der Amphibien-Organisation, d. h. der luftathmenden Rückgratthiere. Wo diese zum ersten Male auftreten, da läßt man die primäre Formation aufhören, da diese Abtheilungen doch von den Gelehrten nur gemacht werden, um eine bequemere Uebersicht über die ganzen Lagerungsverhältnisse zu gewinnen;

c) in die Periode der Säugethier-Organisation. Mit dem Auftreten der Säugethiere schließt man die sekundäre Formation. Die tertiäre Formation und die Diluvialperiode erfüllen dann diese dritte Periode in dem zweiten Lebens-Abschnitt der Erde.

Der dritte Lebens-Abschnitt der Erde, vom ersten Auftreten des Menschen an bis zum heutigen Tage, kann der Zeitabschnitt des Menschen genannt werden; er ist, gegen die beiden früheren Abschnitte gehalten, von der größten Kleinheit und nur nach Tausenden von Jahren zu zählen.

Eine zweite Bemerkung:

Jede Pflanze und jedes Thier bedarf eines innerhalb bestimmter Grenzen eingeschlossenen, wärmeren oder kälteren, trock-

neren oder feuchteren ꝛc. Klima's. Selbst in den nördlichen Meeren findet man heute ganz andere Thierorganisationen, wie in den südlicheren; dasselbe gilt von der Pflanzen-Bevölkerung der Meere, namentlich in Bezug auf die Masse der Pflanzen, die in den Meeren der gemäßigten Zone viel größer ist als in den nördlicheren. Daraus folgt, daß keine Pflanzengattung und keine Thiergattung eher entstehen konnte, als bis das Klima zu ihrer Erhaltung, durch die fortschreitende Abkühlung und Bildung der Erdoberfläche hervorgebracht, vorhanden war. So lange die Atmosphäre nicht nahehin so war, wie sie jetzt noch ist, so lange noch viele Säuren, viele andere Dämpfe in ihr sich bewegten, konnten keine luftathmenden Thiere gedeihen, deren Leben von reinerer Luft allein abhängig ist; Amphibien dagegen vertragen noch etwas schlechtere Luft, und sie bilden daher den Uebergang von den Seethieren zu den Landthieren auch der Zeit nach. Der Mensch dagegen befindet sich heute noch in der gemäßigten Zone am behaglichsten und gedeiht körperlich und geistig in ihr am besten. Daher konnte er auch so spät erst zahlreicher auftreten, als sein Wohnort zu seiner Existenz erst gehörig eingerichtet war.

Wie Pflanzen und Thiere (und auch der Mensch) aus der anorganischen Natur sich herausbilden konnten, ist uns ein Geheimniß. Ich habe aber oben schon bemerkt, daß es eine würdigere Ansicht von der Gottheit ist, wenn man zugiebt, daß der Gedanke des Schöpfers uns in dem Walten der dem unorganischen Stoffe innewohnenden drei Kräfte zunächst entgegentritt, wie man aber nie vergessen darf, daß diese Kräfte eben ein Ausfluß der Gottheit und daher nicht alleiniges Eigenthum einer Materie sind, die man sich fälschlicher Weise oft als eine todte denkt, sondern daß eben diese Kräfte als das ewige Walten Gottes anzusehen sind, welches daher nach einem ewigen, festen und unabänderlichen Gesetze und nach uranfänglicher Vorausbestimmung die Gebilde in immer weiterer Zusammen-

setzung erzeugt. Noch heute werden einzelne Organe der Thiere, besonders aber der Pflanzen, unterdrückt und kommen entweder gar nicht oder nur sehr unvollkommen zur Ausbildung, wenn ihnen die klimatischen und sonstigen Bedingungen dazu, entzogen werden. Endlich steht fest, daß keine Pflanze und kein Thier anders besteht, als durch ein ununterbrochenes chemisches Zersetzen der Stoffe und Bilden neuer chemischer Verbindungen, und daß dieses Doppelgeschäft allein eben das ist, was man ihr oder sein (physisches) Leben nennt. Es ist eine der Gottheit unwürdigere Ansicht, wenn man den Schöpfer sich fortwährend beschäftigt denkt, seine Schöpfung auszubessern, jetzt unorganisches, jetzt organisches Leben zu schaffen, jetzt und fortwährend an der Verbesserung der Organismen sich zu üben, um sie nach und nach erst, weil die früheren Schöpfungen ihm immer noch nicht recht gerathen erscheinen, — gleichsam durch größere Uebung zum besseren Schaffen immer mehr befähigt geworden, — in die jetzigen umzugestalten; zuletzt noch den Menschen zu schaffen, um ihn, wie der Mensch in seinem Dünkel behauptet, zum Herrn der Erde zu setzen. Welche Herrschaft übt er denn aus gegen Stürme und Orkane, gegen Wasserfluthen und Ungewitter, ja nur gegen die gewöhnlichen Witterungsverhältnisse? — Kann er gute Aernten schaffen oder veranlassen, wenn das Wetter dazu nun einmal nicht geeignet sein und bleiben will? —

Und doch bleibt der Mensch, als das vollkommenste Geschöpf der Erde, in einem gewissen Sinne der Herr der Schöpfung. Und doch bleiben Religion und Bibel in ihrer unerschütterlichen Wahrheit fest bestehen, wenn wir auch solche Ansichten daraus fallen lassen, welche ganz unwesentlich sind und welche allen gemachten und täglich zu machenden Erfahrungen widersprechen, welche endlich offenbar nur von Menschen niedergelegt worden sind, als ein Bild, welches sich die zu jener Zeit größten Denker nach den damaligen Naturkenntnissen

gemacht hatten. Der wesentliche und Haupt-Inhalt der Bibel dagegen wird stets unerschüttert und unerschütterlich bleiben, weil er in jedem unbefangenen Menschen, in dem Ungebildeten, wie in dem größten Denker, seinen bekräftigenden Wiederhall findet.

Und wenn es Männer giebt, welche zur Umkehr der Wissenschaft rathen zu müssen glauben, so können sie doch nur die Wissenschaft im Auge haben, die sie selbst mehr oder minder näher kennen gelernt haben, über die sie also ein Urtheil fällen zu können glauben; nicht aber die Wissenschaft, um welche gerade dieselben sich nie und zu keiner Zeit bekümmert haben, — ich meine die exakten und Erfahrungswissenschaften, deren Umkehr eben so unmöglich ist, wie das Rückwärtslaufen der Flüsse und Ströme, wie sehr es auch gewünscht, ja verlangt werden mag. Eine Umkehr von nebelhaften oder einseitigen Philosophemen, von oberflächlichen, auf oft höchst einseitige Kenntniß des Gegenstandes, namentlich der Politik, gegründeten sogenannten Theorien, — eine Umkehr von einem Wissen, welches in seiner Einseitigkeit den Menschen stolz, übermüthig, herrschsüchtig und schon deshalb ihm zum verderblichen macht, — eine solche Umkehr wird von selber eintreten, wenn man Gott in seiner Schöpfung näher und gründlicher kennen lernen wird, und wenn dann alle, auch die spekulative Philosophie, die Schranken berücksichtigen wird, welche uns Gott in seiner materiellen Schöpfung andeutet und welche deshalb auch der Mensch bei seinen geistigen Schöpfungen anerkennen muß, wenn er sich nicht mit seinem Herrn und Meister in Widerspruch setzen will und dann gewiß den Kürzern ziehen wird.

Nach dieser Abschweifung kehre ich zu neuen Bemerkungen zurück. Der Quarz (Sandstein) braucht nicht immer aus verwittertem Urgebirge entstanden zu sein. Wasser löst unter Umständen die Kieselsäure auf, und das Meer konnte sie daher öfter auch niederschlagen, wodurch derberer Sandstein entstehen

konnte. — Ferner: Im Alaunschiefer der untersten primären Schichten finden sich auch Schwefelkiese, d. h. doppeltes Schwefeleisen; der Alaun aber ist schwefelsaure Thonerde; das Schwefeleisen ist nun wahrscheinlich als Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxyd) im Meere aufgelöst gewesen; ein Theil der Schwefelsäure hat seinen Sauerstoff abgegeben, das Eisenoxyd ebenfalls, und das frei gewordene Eisen hat sich nun mit dem frei gewordenen Schwefel verbunden. Ebenso erklären sich die Eisen-Nieren- und Thon-Eisensteine, welche im mittleren Flötzgebirge häufig gefunden werden, nur daß hier dem Eisenvitriol der Schwefel entzogen worden ist. Eben so bildet sich in der Tertiär-Formation der Eisenocher und der (fast immer eisenschüssige) Lehm.

Die Metallgänge und Metalllager in dem geschichteten Gestein, lassen sich aus Niederschlag von Metallauflösungen erklären. Wo aber die Metallgänge nach unten zu breiter werden, und vielleicht dabei noch in die ewige Teufe gehen (d. h. nach unten zu nicht sobald ein Ende erreichen), da muß man annehmen, daß metallische Dämpfe von unten in die Höhe gegangen, das darüber liegende Gestein durch ihre Hitze gelockert haben und dann in dieses Gestein mit der Gewalt ihrer Expansivkraft eingedrungen sind. So findet man heute auf Hochöfen, die mit einem Steingewölbe überdacht sind, nach Abbruch dieses letzteren, dasselbe mit Metallgängen durchzogen, welche sich offenbar auf die eben beschriebene Weise (durch die aus dem Hochofen fortwährend aufgestiegenen Metalldämpfe) gebildet haben.

Endlich wolle man nochmals festhalten, daß die oben angeführten und ihrer Ordnung nach aufgezählten Schichten der Flötzgebirge an einer und derselben Stelle der Erdoberfläche nicht alle über einander gelagert sich vorfinden; hier fehlen diese, dort andere; hier sind nur einige der untersten Schichten, dort einige der mittleren, dort endlich auch von den obersten Schichten zu finden; hier mehrere dort weniger; hier

liegen dieselben oben auf, welche dort erst in großer Tiefe gefunden werden. Man erkennt aber die nahehin gleichzeitigen Bildungen an ihrem gleichartigen organischen Gehalte, da in späteren Perioden immer vollkommenere Organismen auftreten. Wurden irgend welche Schichten z. B. unterste, d. h. der Zeit nach erste, gehoben und trocken gelegt und blieben diese dann so hoch liegen, daß Meeres-Ablagerungen über ihnen nicht mehr statt finden konnten, so zeigt sich eine der Zeit nach viel frühere Schicht jetzt oben auf, während eine gleichzeitige Schicht jetzt von vielen der späteren Schichten überlagert sein kann. Wo man aber mehrere Schichten über einander gelagert vorfindet, — und dieß ist meistens, ja immer der Fall, — da folgen sie immer von unten nach oben in der von mir vorhin angeführten Ordnung auf einander, wenn auch mehrere dazwischen ganz fehlen. Nie findet man aber zwei Schichten, die in umgekehrter Ordnung über einander gelagert wären.

Einbettungen von selteneren Steinen (Edelsteinen) findet man in allen drei Felsengattungen, in den plutonischen, vulkanischen und neptunischen; endlich auch in den neueren Laven.

Nicht blos die plutonischen Gesteine verwittern noch heut zu Tage, sondern auch die vulkanischen und die neptunischen; die plutonischen Gesteine und der Gneis gehen dadurch in Porzellanerde über, d. h. in ein Gemenge aus Kieselerde und feinem Thon.

Daß das geschichtete Gestein von dem plutonischen und vulkanischen durchbrochen wird, daß das letztere das erstere zuweilen gangartig durchsetzt und überlagert, daß also neptunische Schichten mit plutonischem Gestein abwechseln können, versteht sich, dem bisher Gesagten zu Folge, von selbst.

Die geschichteten Gesteine nennt man auch **normale**; die plutonischen und vulkanischen dagegen dann **abnormale** oder massige.

Ausgezeichnete Geologen schätzen die jetzige Dicke der festen Erdkruste auf nur $2\frac{1}{2}$ Meilen oder 50,000 Decimal-Fuß. Davon rechnen sie 34,000 auf die massigen Gesteine, 10,000 auf die Uebergangsformation (primäre), 5000 auf die sekundären Schichten und 1000 Fuß auf die jüngsten Lager. — Mitscherlich ist der Meinung, daß man bei 5 Meilen Tiefe bereits auf flüssigen Granit stoße. —

Inmitten der Schichten und namentlich auch in den obersten, findet man sehr viel Bitumen oder Erdöl, Steinöl (Naphta, wenn es hell ist, Erdtheer oder Erdpech oder Asphalt, wenn es zäh und dunkel geworden ist). Man kann dieß nur, obgleich es in großen Massen vorkommt, als ein Produkt theils von Pflanzen, theils von Thieren ansehen. Eben so den Bernstein und Retenit.

Auch die Eisberge und Gletscher verändern die Erdoberfläche bedeutend, denn sie führen bei ihrer Bewegung nicht blos viel Gerölle sondern ganze große Felsblöcke mit sich. So findet man auf der großen nordöstlichen Ebene Deutschlands, bis an die Weichsel hin, und noch viel weiter, sehr viele Granitblöcke und große Massen von Feldsteinen, welche das Eis aus Schweden mit herüber geführt hat. Aus einem solchen Granitblock, der 7 Meilen von Berlin auf einer Höhe des Feldes lag, wurde die vor dem Museum daselbst stehende (polirte) Granit-Schaale gemacht, welche 22 Fuß im Durchmesser hat. Der Block selbst hatte 30 Fuß in seiner kleinsten Breite.

Und so sehe ich mich denn am Ende dieser Vorlesungen. Der Beweis ist geführt, daß unser Erdkörper einmal ganz im geschmolzenen Zustand gewesen ist, eine zähflüssige Kugel mit einer Atmosphäre, welche viele Stoffe noch in Dampfform enthielt, daher sehr viel mehr Umfang hatte, als unsere jetzige. Gleichzeitig haben wir uns überzeugen können, wie die dem Stoffe innewohnenden drei Kräfte allein ausgereicht haben, um alle die Zustände der Erde zu bilden, welche wir jetzt wahrneh-

men und auch alle die, welche aus dem, im Innern der Erde aufbewahrten Archiv, für die früheren Zeiten mit Sicherheit erschlossen werden konnten. Wir könnten hiermit schließen, um nur mit lauter wirklich beobachteten oder gründlich erwiesenen Thatsachen abgeschlossen zu haben. Es dürfte aber doch für Viele von Interesse sein, wenn ich noch einiges von dem hinzufüge, was der heutige Zustand der Wissenschaft mit ungemein großer Wahrscheinlichkeit noch erkennen läßt.

Da wir schon gesehen haben, daß wenn die, erst durch größere Hitze zu verflüchtigenden Stoffe alle im geschmolzenen Zustande waren, und wenn darunter viele Stoffe sind, welche nur bei sehr großer Hitze flüssig bleiben, — daß dann viele andere Stoffe bereits verdampft sein und in der Atmosphäre sich aufhalten, oder vielmehr die Atmosphäre mit bilden mußten, — so fragt sich, **wo** ist die Grenze der Wärme, mit welcher der Erdkörper bei seiner Erschaffung versehen worden ist? — War die anfängliche Wärme größer, so befanden sich noch mehrere Stoffe als Dampf in der Atmosphäre; war sie kleiner, so befanden sich mehr Stoffe noch in tropfbar (oder zäh-) flüssigem Zustande. Die anfängliche Wärme, mit welcher der Stoff versehen war, konnte auch so groß sein, daß alle Stoffe, die jetzt den Erdkörper bilden, in Dampfform auftraten, — daß die jetzige Erde eine bloße Dampfmasse war, ohne allen tropfbar (oder zäh-) flüssigen oder festen Kern. Durch Abkühlung wurden dann diejenigen Stoffe zuerst flüssig, welche am schwersten verdampfen; an diese schlossen sich dann durch weitere Abkühlung nach und nach in bestimmter Ordnung diejenigen Stoffe an, welche zum verdampfen nach und nach immer weniger Hitze erfordern. Der flüssige Kern, anfänglich von dem kleinsten Inhalte, wurde dadurch nach und nach immer umfangreicher; der Durchmesser dieses flüssigen Kerns wuchs nach und nach von 1 Meile zu 2 Meilen an, wurde dann allmählich immer wieder

um eine Meile größer, bis er zuletzt mit 1720 Meilen abschloß. Diese Annahme hat nichts widersprechendes, wohl aber läßt sie Folgerungen zu, welche das ganze Planetensystem und namentlich auch die anfängliche (Seiten=) Geschwindigkeit eines jeden einzelnen Planeten, wie die Umdrehung aller, nebst der Sonne, um ihre Achse, äußerst einfach und mit allen astronomischen Kenntnissen über diese Bewegungen, übereinstimmend erklären.

Wir wollen einmal annehmen, daß auch die Sonne und alle sich um dieselbe bewegenden Weltkörper, vermöge der, dem Gesammtstoffe uranfänglich innewohnenden großen Wärme (Hitze) eine einzige zusammenhängende Dampfmasse bildete, welche eine drehende Bewegung hatte, um eine durch sie hindurch zu denkende (geradlinige) Achse, und welche dann von einem Durchmesser sein mußte, von Billionen, vielleicht Trillionen von Meilen; und sehen wir nun zu, was die drei im Stoffe lebenden Kräfte hervorbringen mußten.

Nach hinreichender Abkühlung bildete sich ein kleiner (zäh=) flüssiger Kern, der nach und nach immer größer und zuletzt unsere Sonne wurde, wie wir heute sie wahrnehmen; — wegen ihrer ungemeinen Größe noch glühend flüssig, noch mit einem ungeheuren Dunst=(Dampf=)Kreis umgeben, der sich noch unberechenbar viele Jahre lang abkühlen und niederschlagen kann, um den glühend flüssigen Kern noch weiter zu vergrößern. Sind die Sonnenflecken noch vom Lichte undurchdringliche Dampfmassen, so müssen sie sich mit der Zeit vermindern, in dem Maaße als sich diese Dämpfe zum glühend flüssigen Zustand (durch weitere Abkühlung) niederschlagen werden. Die Umdrehung, welche die gesammte Dampfmasse hatte, behält diese (zäh=) flüssige Masse bei, nur nach den als eine mathematische Nothwendigkeit festgestellten Gesetzen der Bewegung abgeändert.

Nun befanden sich aber solche gleichartige Massen, die am leichtesten den Dampfzustand verlassen, an verschiedenen und

von der Dreh-Achse verschieden entfernten Stellen; sie wurden glühend flüssig und würden sich, nach dem Gesetze der Anziehung, mit der sich bildenden Sonne vereinigt und zur Vergrößerung der letzteren beigetragen haben, — wie dieß vielleicht bei so manchen anderen wirklich der Fall gewesen ist und so wie heute noch eine Kanonenkugel ein Stück der Erde umkreist, aber dann mit ihr sich vereinigt, weil ihre Geschwindigkeit nicht groß genug ist, — wenn sie nicht von der Drehachse so weit schon abgelegen gewesen wären, daß ihre Drehgeschwindigkeit für sie, in Bezug auf die Sonne eine so große Seiten-Geschwindigkeit gewesen wäre, daß diese das Hineinfallen in die Sonne verhinderte, und daß (nach dem in der dritten Vorlesung Gesagten) der neue flüssige Kern sich um die Sonne herum bewegen mußte und zwar immer mehr nach dem jetzt von den Planeten befolgten Gesetze, je größer der flüssige Kern der Sonne anwuchs, oder richtiger, je mehr sich das Verhältniß der Massen zu einander so gestaltete, wie es jetzt ist. Die so entstandenen Planeten vergrößerten sich aus der sie zunächst umgebenden Dampfmasse; jeder Planet und die Sonne zog so viel der Dampfmasse an sich, als nach dem Gesetze der Anziehung ihm (d. h. der Größe seiner Masse) möglich war; es bildeten sich daher Dunstkreise für die einzelnen Kerne; die ganze Dampfmasse zerriß und zertheilte sich; nur die allerfeinsten Stoffe (die den früher erwähnten Aether bilden können) konnten noch die Zwischenräume ausfüllen; das Planetensystem indeß war in seinen ersten Umrissen fertig.

Je weiter aber die sich gebildet habenden Planeten von der uranfänglichen Drehachse ablagen, desto größer mußte auch ihre (Seiten-) Geschwindigkeit um die Sonne werden, weil ihre Drehgeschwindigkeit um die uranfängliche Achse, bei einer doppelten, dreifachen 2c. Entfernung von der letzteren, auch die doppelte, dreifache 2c. gewesen ist. Und in der That bestätigt die

Astronomie vollkommen, daß die Planeten sich desto schneller um die Sonne bewegen, je weiter sie von ihr abliegen.

Jedes Theilchen der ganzen ungeheuren Dampfmasse drehte sich uranfänglich in einer auf die uranfängliche Drehachse senkrechten Ebene. Wie aber die Masse der Sonne sich vergrößerte und ihre Anziehung wirksamer wurde, mußte sich diese Ebene nach und nach immer mehr der Sonne zuwenden, und zuletzt mußten die Ebenen aller Planeten-Bahnen durch die bei dem Zerreißen der Dampfmasse verhältnißmäßig schon ungeheuer groß gewordenen Sonne hindurchgehen; sie mußten sich alle in der Sonne schneiden. Und dieß bestätigt die Astronomie abermals; auch daß die Planeten, obgleich in verschiedenen Ebenen, doch alle in einer und derselben Richtung um die Sonne herum gehen.

Indem der (zäh-)flüssige Kern des Planeten von einem sehr kleinen Anfang, nach und nach aus seinem ihn umgebenden Dunstkreis sich vergrößerte, welcher rings herum sehr verschiedene Drehgeschwindigkeiten hatte, mußten auf der Oberfläche eigene Geschwindigkeiten sich bilden, und diese mußten sich (immer, den Gesetzen der Kräfte zu Folge, als eine Nothwendigkeit) zu einer eigenen drehenden Bewegung um eine im Planeten sich bildende Achse, vereinigen; so bekam jeder Planet noch seine Umdrehung um eine in ihm liegende Achse.

Durch diese Umdrehung der Planeten um ihre Achse entstand dann im Aequator der zähen Masse eine größere Centrifugalkraft, d. h. ein größeres Bestreben der Oberfläche, sich von der Achse zu entfernen. Dieß konnte endlich, wenn die Umdrehung schnell genug war (und sie wurde immer schneller, je mehr die Masse des Planeten sich abkühlte, weil sie dann immer auch einen kleinern Raum einnahm), die Anziehungskraft überwinden und es riß sich ein und das andere Stück der Masse los, bildete sich (weil es flüssig war) zu einer eigenen Kugel und kreiste nun mit der in ihm vorhandenen Drehgeschwindig-

keit in der zum Gleichgewicht erforderlichen Bahn als Mond (Satellit) um den Planeten herum *). Riß sich rings um den Aequator herum gleichzeitig ein Theil der zähen Masse ab, so konnte sie im Zusammenhang bleiben, als ein Ring, der sich mit dem Planeten zugleich um seine Achse dreht; auf diese Weise konnten sich die 4 oder 5 Ringe bilden, welche man um den Saturn herum erblickt, und die alle über einander und über dem Aequator des Saturn (rings herum) liegen.

So erklären sich aus den drei Grundkräften des Stoffes, und wenn man annimmt, daß der allmächtige Schöpfer die gesammte Dampfmasse noch mit der oben erwähnten Drehgeschwindigkeit begabt hat, alle von der Astronomie gemachten Wahrnehmungen hinsichtlich der Bewegung der Weltkörper auf das einfachste. Dazu kommt noch, daß höchst wahrscheinlich die als uranfänglich gedachte Drehgeschwindigkeit selbst nur ein nothwendiges Ergebniß der im Stoffe lebenden Polarkraft ist, und daß man hoffen darf, solches später noch einmal auf das überzeugendste nachgewiesen zu sehen. Verbindet man damit noch den Umstand, daß die Anziehungskraft und die Abstoßungskraft (welche letztere die Dehnkraft sein könnte) ebenfalls schon in der Polarkraft enthalten sind, so dürfte man zuletzt zu dem Ergebniß gelangen, daß die Polarkraft ganz allein als nothwendige und ausreichende Bedingung des ganzen Verhaltens der Welten sich herausstellt.

Und geht man nun noch einen Schritt weiter, so begreift man, daß alle Sonnen (d. h. alle Fixsterne) mit einer Cen-

*) Bestätigend ist in dieser Beziehung noch, daß das aus der Anziehung unseres Mondes von den Astronomen berechnete specifische Gewicht desselben, genau übereinstimmt mit dem specifischen Gewicht der Erdkruste, d. h. nur etwas mehr als halb so groß, als das specifische Gewicht der ganzen Erde ist; auch daß der Mond keine Atmosphäre hat.

tralsonne, sich eben so aus einer einzigen Dampfmasse, welche unendlich größer war als die von uns vorhin gedachte (aus der wahrscheinlich unser Planetensystem entstanden ist) herausgebildet haben können. Dann würden alle Fixsterne die Planeten der Centralsonne sein (und in der That hat die Astronomie bereits eine solche gemeinschaftliche Bewegung aller Fixsterne außer Zweifel gesetzt); die Planeten eines jeden einzelnen Sonnensystems (wie die unsrigen, also auch unsre Erde) würden aber dann die Monde (Satelliten) der Sonne sein (letztere als Planet der Centralsonne gedacht) und unsre Monde würden dann nur als Monde zweiter Klasse (als Monde der Monde) gelten können.

Von noch weiterer Verfolgung dieses Gedankens, von den Centralsonnen als Planeten einer Ursonne u. s. w., will ich Abstand nehmen, da dem Menschen die Sinne schwinden, so oft er, wenn auch auf einem fest begründeten Wege, in die Unendlichkeit auch nur einige Schritte hinein zu dringen wagt. — Kehren wir noch einmal zu unserer Mutter Erde zurück. —

War sie eine Dampfmasse, so war sie ein Chaos, wie in der Bibel steht, und in ihr war Nacht; denn die Dämpfe entwickeln kein Licht. War sie aber so weit abgekühlt, daß die Dämpfe in den (tropfbar- oder zäh-)flüssigen Zustand zurücktraten, so wurde sie weißglühend, d. h. die Wärmestrahlen aus ihr waren mit Licht gepaart; sie wurde selbstleuchtend. — Hatte sich in der großen Nebelmasse des ganzen Planetensystems auch der Kern der Sonne noch nicht herausgebildet, so waren auch keine Sonnenstrahlen vorhanden, also völlige Nacht; hatte sich aber der Kern der Sonne gebildet, so giengen auch von ihr erst Lichtstrahlen aus. Dieser Moment des Uebergangs aus dem Dampfzustand in den (tropfbar- oder zäh-)flüssigen muß also gedacht werden, wo der Herr sprach: „Es werde Licht und es ward Licht."

Da die Stoffe im Dampfzustand, und bei sehr großer Hitze des Dampfes, ihre chemische Anziehungskraft nicht äußern, so konnten anfänglich alle einfachen Stoffe unverbunden (frei) im Weltenraum sich einander durchdringen; und die einzelnen chemischen Verbindungen traten erst ein, nachdem die Abkühlung schon vorgeschritten war und nach und nach bei verschiedener Abkühlung. Auf der andern Seite ist es auch möglich, daß die Stoffe, welche wir jetzt einfache nennen, bloße chemische Verbindungen aus zwei Urstoffen sind, die nach und nach in verschiedenen quantitativen Verhältnissen und in verschiedener Ordnung sich verbunden haben, und die gerade nur unter den uranfänglichen Bedingungen sich verbinden konnten. Diese so gebildeten Stoffe müssen dann für uns ewig einfache bleiben, weil wir die Bedingungen, unter denen sie sich scheiden würden, nicht wieder herstellen können; ich meine, wir scheiden z. B. das rothe Quecksilber-Oxyd, indem wir es erhitzen, weil dann das Quecksilber in Dampf sich verwandelt und in diesem Zustand mit dem Sauerstoffgas nicht vereinigt bleiben kann, in so ferne jeder dieser beiden Stoffe zu viel Dehnkraft bekommt; — so könnte also ein einfacher Stoff, z. B. ein Metall, wenn wir eine so sehr große (uranfängliche) Hitze künstlich hervorbringen könnten, sich ebenfalls noch in sehr flüchtige Stoffe sich zerlegen. So zerlegt sich ja auch der feste Salmiak in zwei sehr flüchtige Gase, nämlich in das Chlor-Wasserstoffgas und in das Ammoniakgas (Stick-Wasserstoff).

Die zwei Urstoffe selbst könnten endlich auch als ein einziger gedacht werden, der mit polarer Eigenschaft begabt gewesen ist und sich dadurch entzweite.

Und gesetzt, die Ansicht von dem Bilden der Welten, wie wir sie eben als wahrscheinlich, d. h. als den genau beobachteten Gesetzen des Stoffes entsprechend, geschildert haben, wäre die richtige, — was könnten wir daraus für Folgerungen ziehen? — namentlich für unsere Erde. — Unsere Sonne würde viel-

leicht noch viele Billionen von Jahren hindurch nach und nach für uns eine immer vollkommenere Sonne, bis sich alle Dämpfe aus ihrer Atmosphäre vollends niedergeschlagen haben; dann würde sie wiederum viele Billionen von Jahren in ihrem Glanze und in ihrer Herrlichkeit uns leuchten und wärmen; endlich aber würde sie nach und nach in die Dunkelglühhitze übergehen, ihr Licht würde nach und nach verschwinden, später auch ihre letzte Wärme; unsere Erde würde Organismen, also auch den Menschen, nicht mehr dulden; der „jüngste Tag" wäre für uns eingetreten; aber auch nur nach und nach; denn die Organismen würden nur nach und nach verkümmern, bis sie zuletzt endlich ganz aussterben müßten, oder vielmehr sich nicht mehr neu erzeugen könnten.

Aber auf den Sonnen (Fixsternen) begönne nun ein neues Leben; denn sie würden sich durch fortgesetzte Abkühlung nach und nach so herausbilden, wie wir die Bildung der Erde beschrieben haben. Und bei der ungemeinen Größe dieser Sonnen würde das neue organische Leben quantitativ (und vielleicht auch qualitativ) ein viel reicheres werden. Die Ebenbilder Gottes, welche sich dann dort der Schöpfung erfreuten, würden vielleicht nun auch eine größere Vollkommenheit erreichen können, als es den jetzigen vergönnt ist, welche nur die Ahnung davon und mit ihr die Sehnsucht danach haben.

[illegible] und diese Stellen vom Boden [illegible], nach und nach für uns eine immer vollkommnere [illegible], bis sich [illegible] aus ihrer Atmosphäre vollends [illegible] lassen sie hinterdrein diese Stellen von [illegible] nur in ihrer Fruchtbarkeit und [illegible] oder rücken sie nach und nach in die Dunkelheit [illegible] ihr Licht immer mehr und mehr verschwinden, [illegible] ihre innere Wärme; unsere Erde würde [illegible], also auch den Menschen nicht mehr nähren; der „jüngste Tag" wäre für uns eingetreten; aber auch [illegible] und nach, denn die Organismen würden nur nach und nach verkümmern, bis sie zuletzt endlich ganz aussterben müssen, oder sie [illegible] nicht mehr neu erzeugen können.

Aber auf den Gemüse ([illegible]) [illegible] man [illegible] Leeres; denn sie würden sich durch [illegible] nach und nach [illegible] umwandeln, wie wir [illegible] beschrieben haben. Und [illegible] der [illegible] würde das neue [illegible] Leben [illegible] auch [illegible]) ein viel [illegible] werden [illegible] über [illegible] würde sich dann [illegible] Schöpfung [illegible], welchen vielleicht man auch eine größere Vollkommenheit [illegible] können, als es den jetzigen [illegible] ist, [illegible] uns [illegible] und für die Erhaltung [illegible] haben.

Ohm, Martin,

Die Dreieinigkeit der Kraft ein Beitrag zur näheren Erkenntniß Gottes in seiner materiellen Schöpfung ; für die Gebildeten aller Stände, besonders auch des schönen Geschlechts

Nürnberg 1856